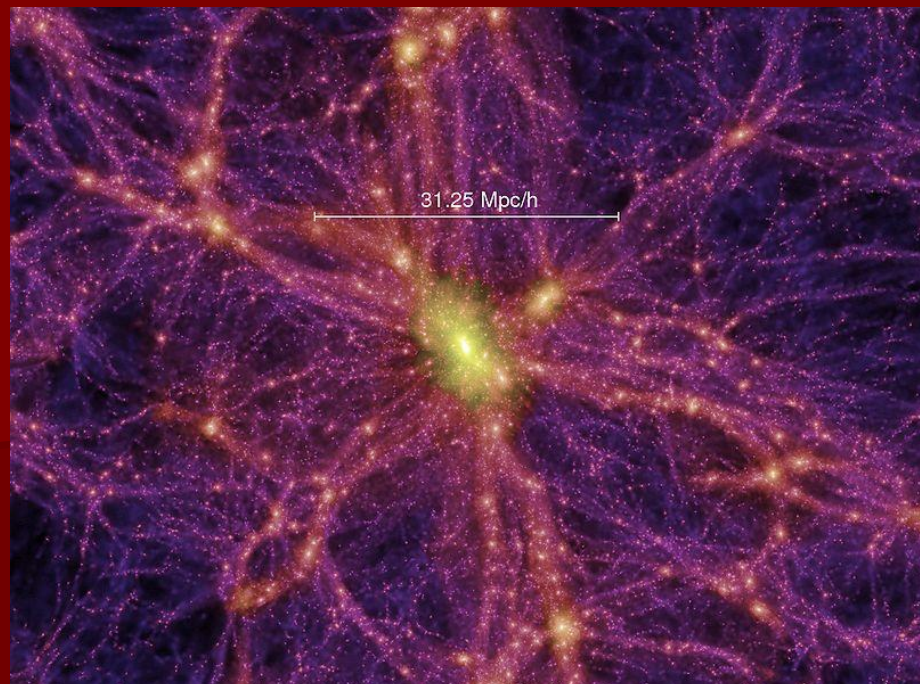
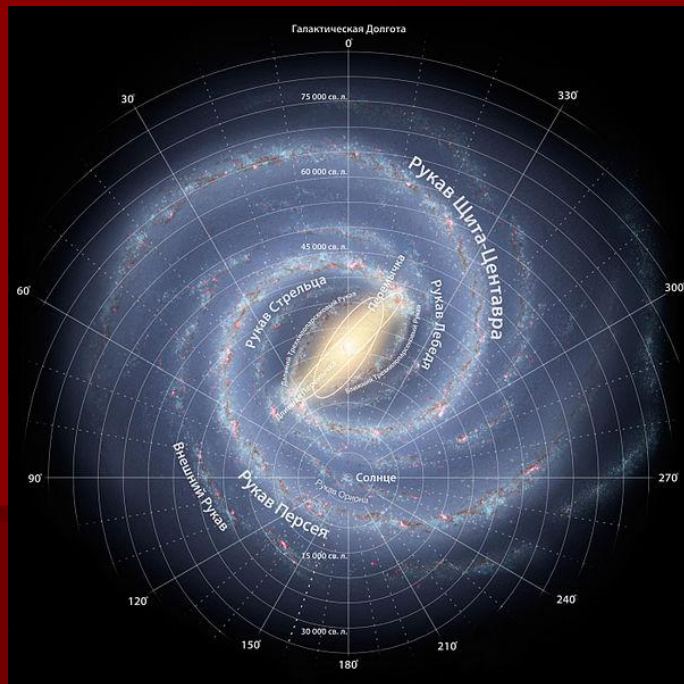


Вселенная



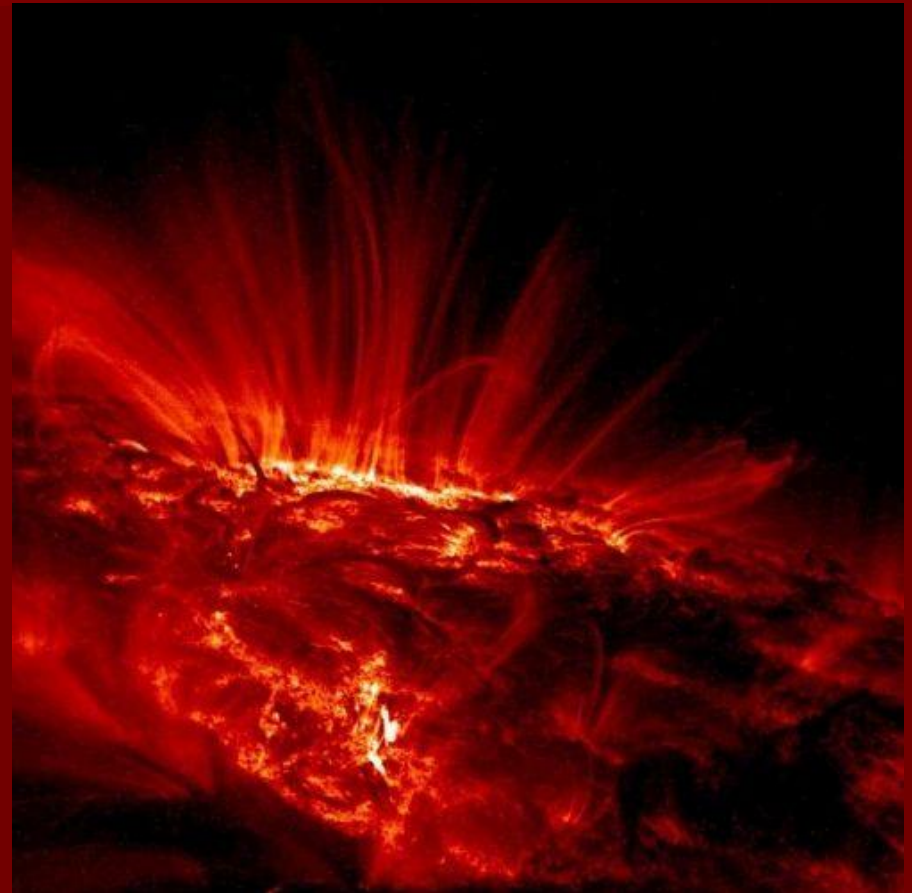
Развитие представлений о размере Вселенной

Точка зрения	Сущность	Создание
Гео-центрическая	центр Вселенной – Земля	Древние греки
Гелио-центрическая	центр Вселенной – Солнце (Но: Млечный путь – множество звезд)	XVI век Н. Коперник (Галилей Галилео)
Галакто-центрическая	Вся Вселенная – галактика Млечный путь	Начало XVIII века
Космо-центрическая	Ближайшая галактика (ТА) – далеко за пределами нашей Г. Открыто множество галактик. Удаляются ~ расстоянию от нас. В. расширяется с ускорением	Начало XX века 1924г. Эдвин Хаббл

Происхождение Вселенной

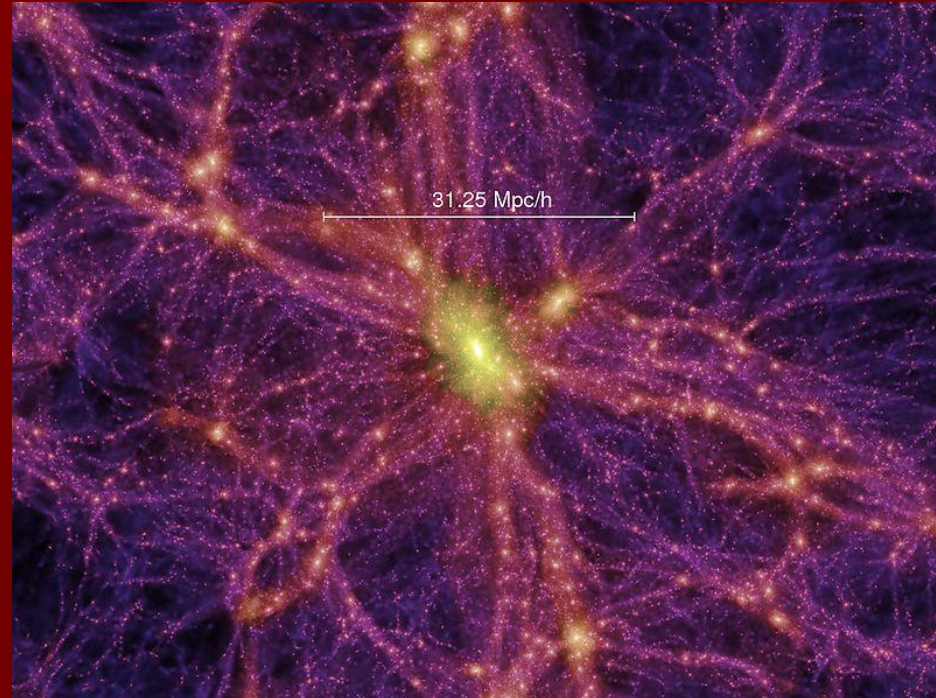
- До начала прошлого века было всего два взгляда на происхождение нашей Вселенной:
 1. Ученые - вечна и неизменна
 2. Богословы - Мир сотворен и у него будет конец.

- Последние научные данные :
- Наша Вселенная родилась около 14 млрд. лет назад в результате чудовищного катаклизма Большого взрыва.



Вселённая

- **Астрономическая Вселенная** или **Метагалактика** (в последнее время этот термин практически вышел из употребления)
 - часть материального мира, доступная изучению естественнонаучными методами
 - (т.е. доступное наблюдениям в настоящее время или в обозримом будущем)



- Расчётная структура Вселенной по данным Millennium simulation. Отмеченное белой линией расстояние составляет примерно 141 млн световых лет. Жёлтым обозначена материя, фиолетовым — тёмная материя (наблюдаемая лишь косвенно). Каждая жёлтая точка представляет собой одну галактику.

Вселённая

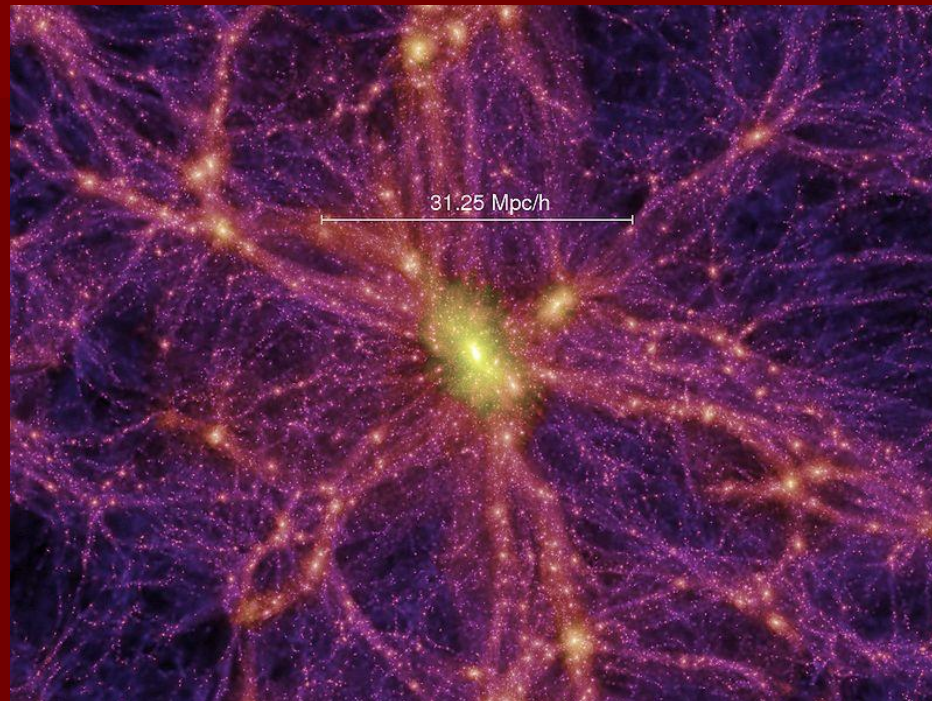
■ Космология

(КОСМОС + ЛОГОС) — раздел астрономии, изучающий свойства и эволюцию Вселенной в целом

■ Космогония

(греч. kosmogonía, от kósmos — мир, Вселенная и gone, goneia — рождение) - область науки, в которой изучается происхождение и развитие космических тел и их систем:

- ❑ звёзд и звёздных скоплений,
- ❑ галактик,
- ❑ туманностей,
- ❑ Солнечной системы и всех входящих в неё тел



Расчётная структура Вселенной по данным Millennium simulation.

Теоретические модели Вселенной

- Доминирующие теории :
 - 1) **Теория Большого Взрыва**
Описывает химический состав Вселенной
 - 2) **Модель расширения Фридмана**
Описывает расширение
- Теория, признанная многими:
 - 3) **Теория стадии инфляции**
Объясняет причину расширения



Любая модель Вселенной должна удовлетворять
«**космологическому принципу**»:
в больших масштабах нет выделенных областей и направлений

Теоретические модели Вселенной

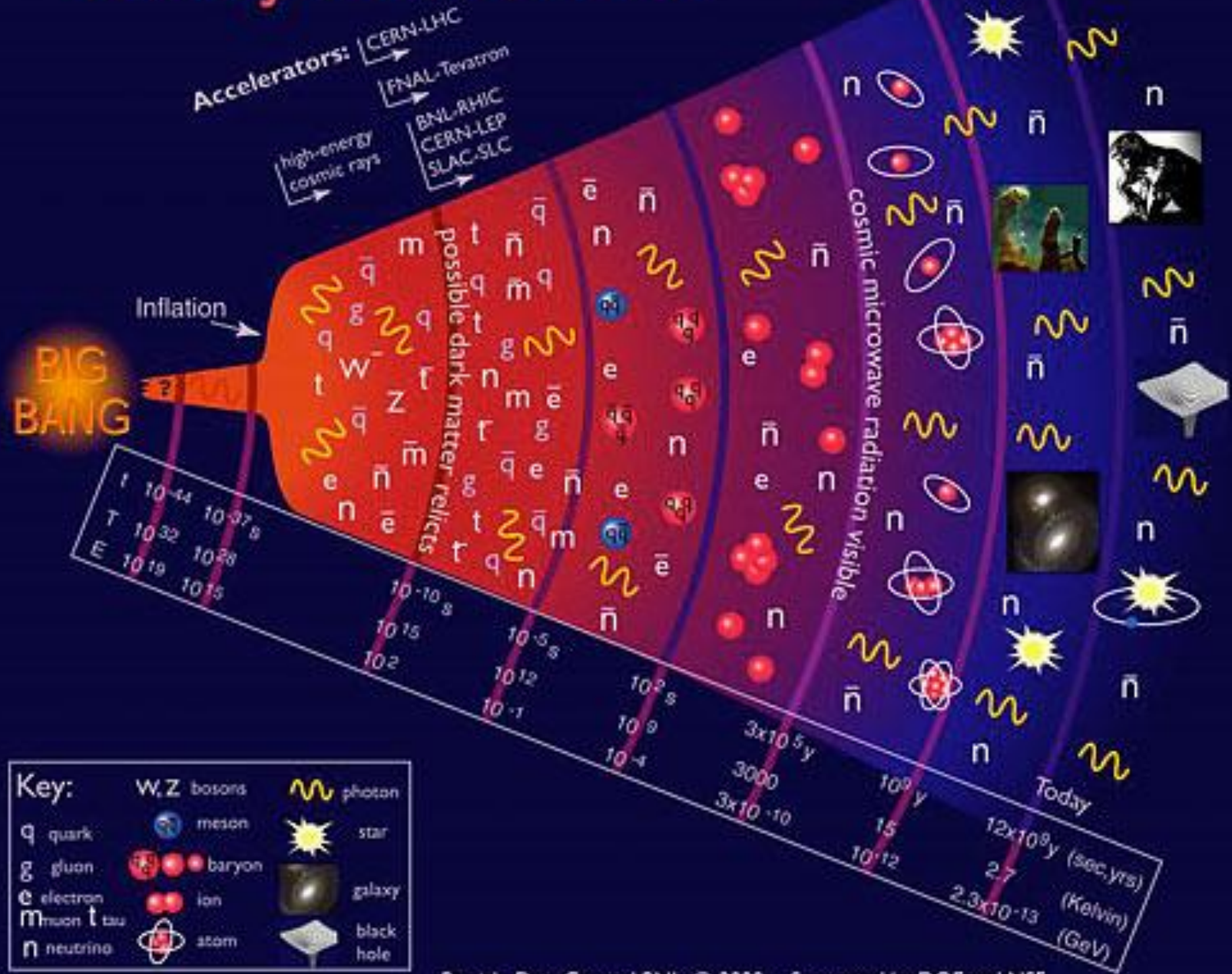
- Доминирующие теории :
 - 1) **Теория Большого Взрыва**
Описывает химический состав Вселенной
 - 2) **Модель расширения Фридмана**
Описывает расширение
- Теория, признанная многими:
 - 3) **Теория стадии инфляции**
Объясняет причину расширения



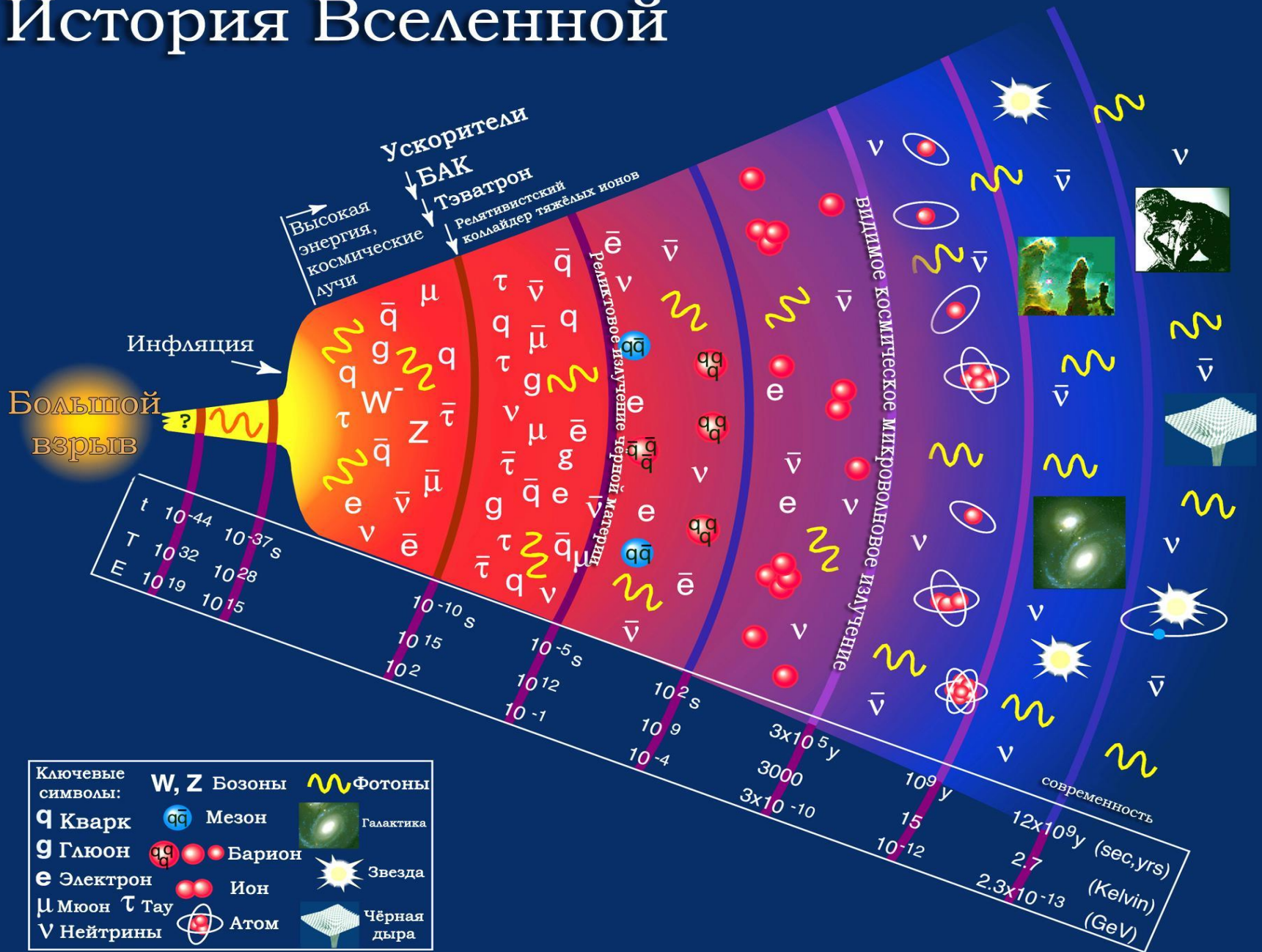
Любая модель Вселенной должна удовлетворять
«**космологическому принципу**» →

однородность и изотропность материи во Вселенной на больших масштабах > 100 Мпк

History of the Universe

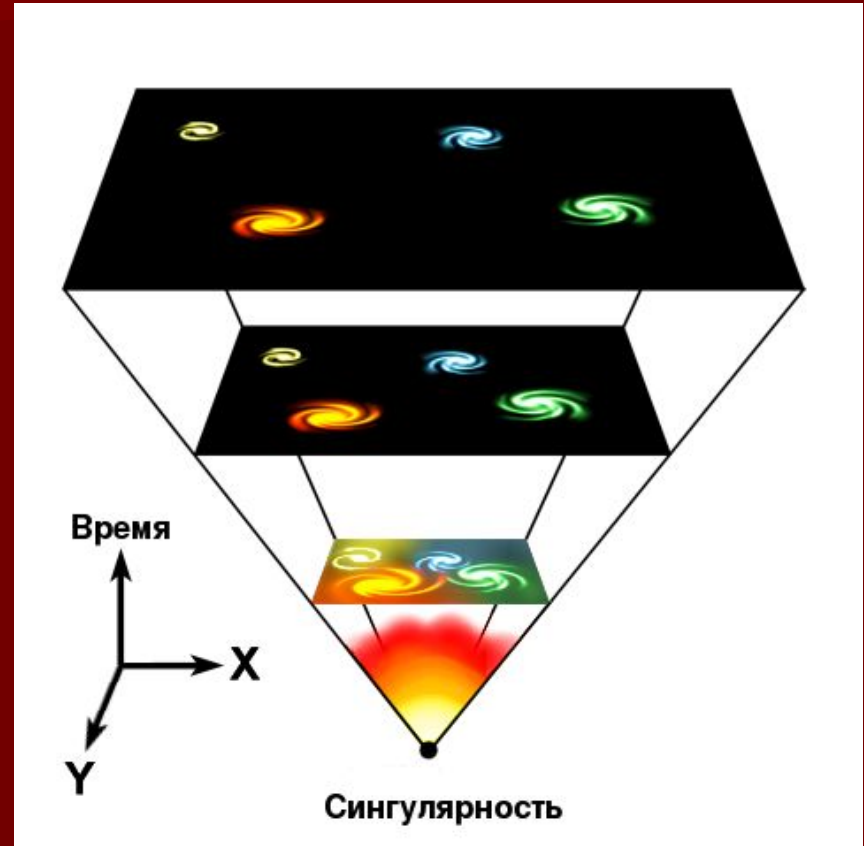


История Вселенной



Большой взрыв (англ. *Big Bang*)

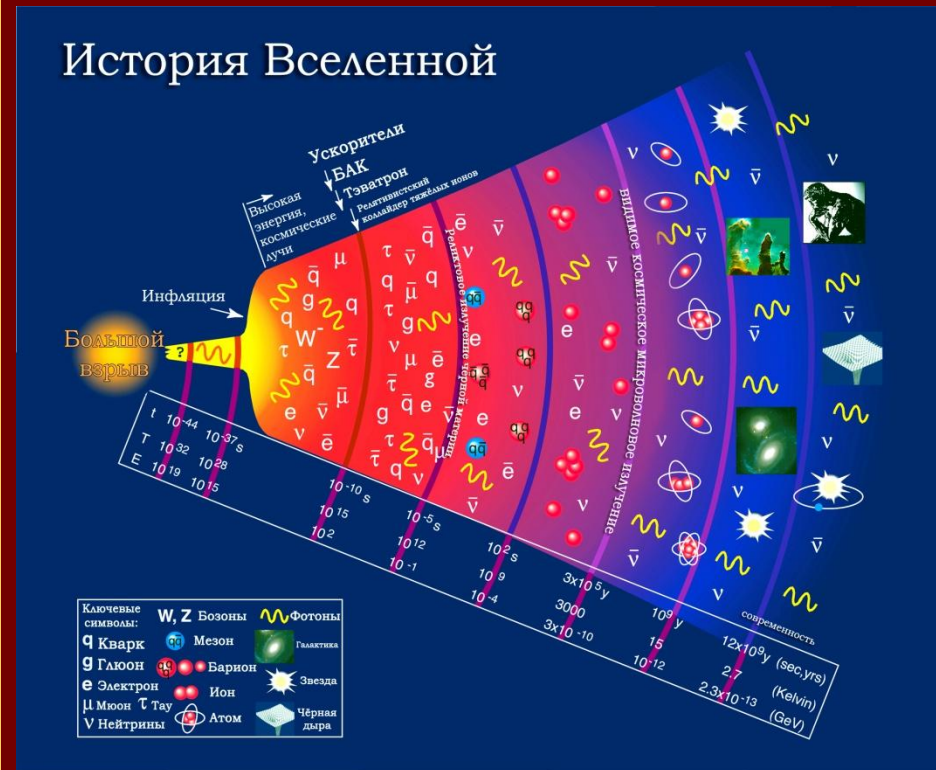
- космологическая модель космологическая модель, описывающая раннее развитие Вселенной - начало расширения Вселенной
- Перед этим Вселенная находилась в сингулярном состоянии
- Сейчас автоматически сочетают теорию Большого взрыва и модель горячей Вселенной



Согласно теории БВ, Вселенная в момент образования была в чрезвычайно плотном и горячем состоянии, называемом космологической сингулярностью

Рождение Вселенной

- Вселенная возникла в результате взрывного процесса - Большой взрыв - ~14 млрд лет назад
- В момент Большого взрыва Вселенная занимала микроскопические, квантовые размеры.
- В соответствии с инфляционной моделью, в начальной стадии своей эволюции Вселенная пережила период ускоренного расширения (инфляции).



Рождение Вселенной

- В этот момент существовало только высокоэнергетическое скалярное поле.
- Затем Вселенная заполнилась горячим веществом, продолжавшим расширяться.
- Переход энергии в массу не противоречит физическим законам.

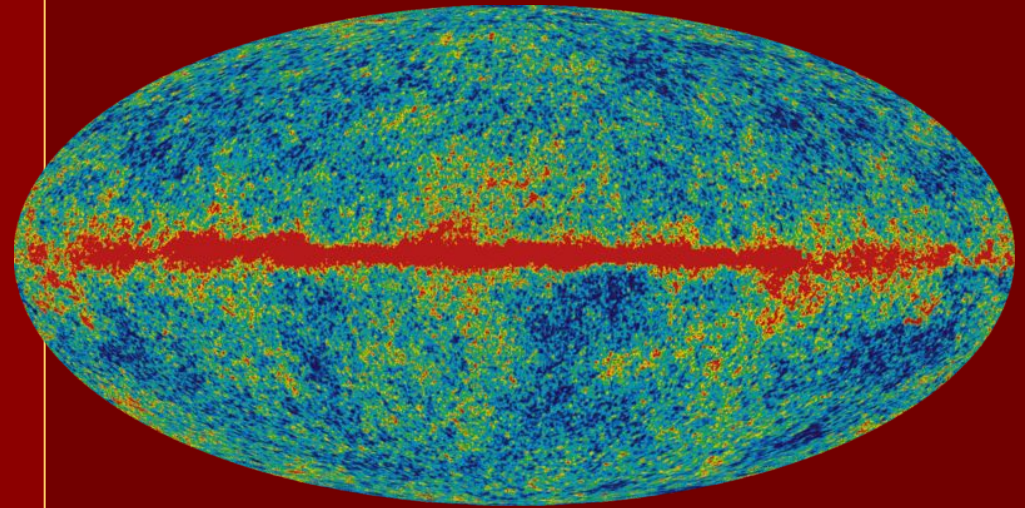
$$E=mc^2$$



- Например, рождение пары частица-античастица из вакуума можно наблюдать и сейчас в некоторых научных экспериментах

Большой взрыв

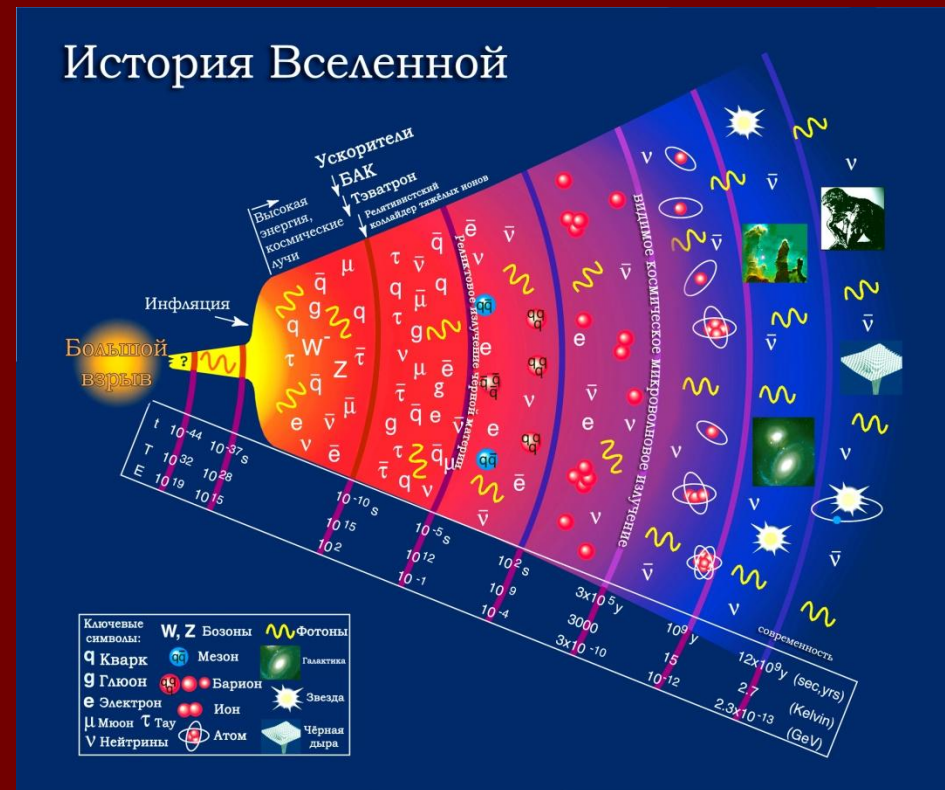
- **Теория Большого взрыва** хорошо согласуется с наблюдаемыми фактами:
 - расширением Вселенной
 - преобладанием водорода
- Позволила сделать верные предсказания о существовании и параметрах **реликтового излучения**



- Карта (панорама) анизотропии реликтового излучения. Горизонтальная полоса — засветка от галактики Млечный Путь. Красные цвета означают более горячие области, а синие цвета — более холодные области.

Реликтовое или космическое микроволновое фоновое излучение

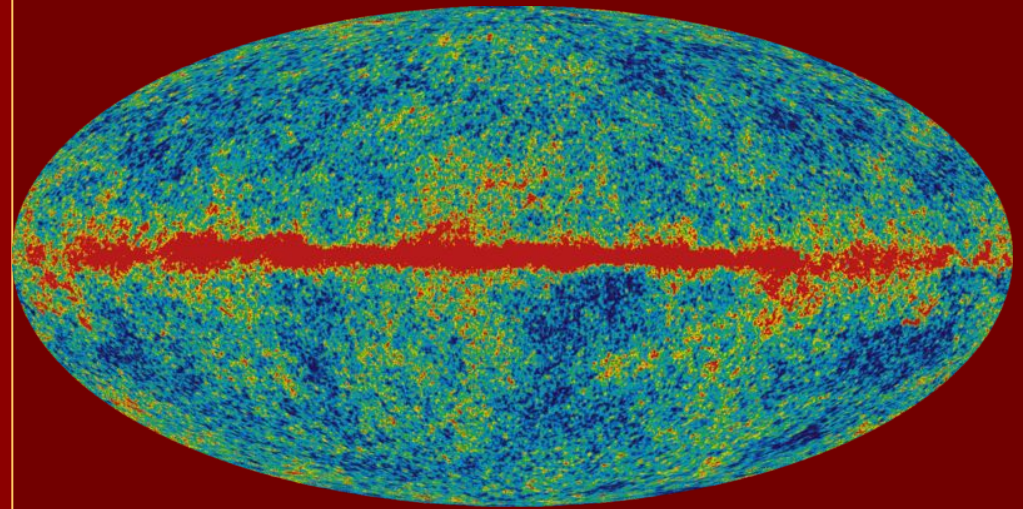
- Реликтовый фон образован фотонами
- Реликтовый фон образован фотонами, испущенными в эпоху, когда свет горячего **Большого взрыва** практически перестал взаимодействовать с материей, отделился от неё.
- Сейчас из-за расширения Вселенной из видимого диапазона большинство этих фотонов перешли в **микроволновой радиодиапазон**.



Большой взрыв

- Реликтовое или космическое микроволновое фоновое излучение (*cosmic microwave background radiation*)
 - космическое эл.магн. излучение с высокой степенью изотропности и со спектром, характерным для абсолютно чёрного тела с температурой 2,725 К.
 - излучение, высвободившееся в момент образования атомов водорода

- До этого излучение было заперто в веществе, в том, что тогда оно из себя представляло — плотной **горячей плазме**



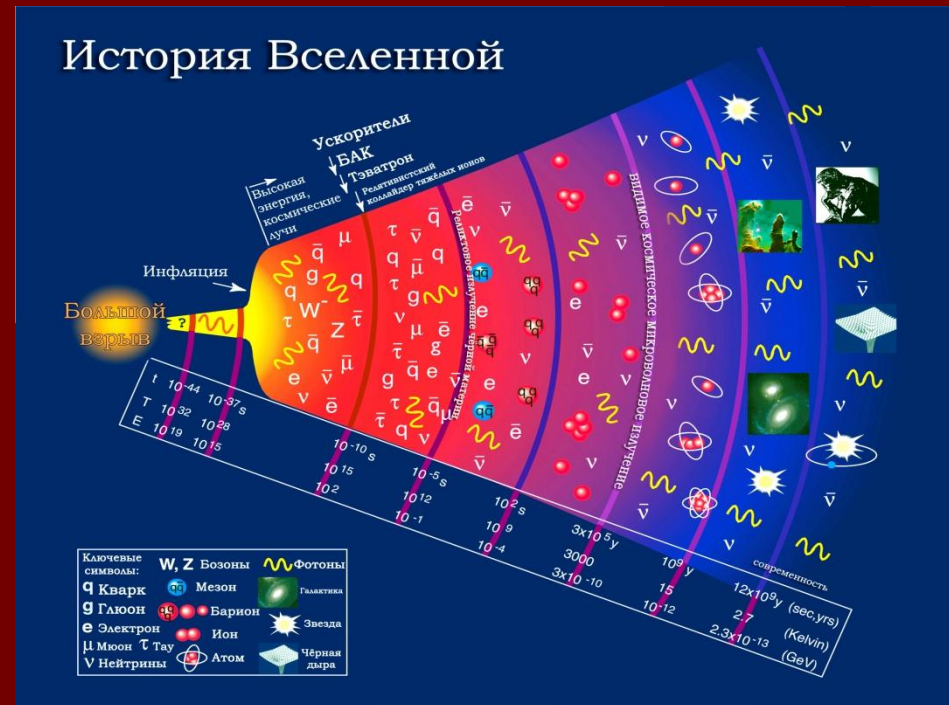
- Карта (панорама) анизотропии реликтового излучения. Горизонтальная полоса — засветка от галактики Млечный Путь. Красные цвета означают более горячие области, а синие цвета — более холодные области.

Реликтовое или космическое микроволновое фоновое излучение

- Горячая плазма состава:
 - фотоны,
 - электроны e^-
 - барионы

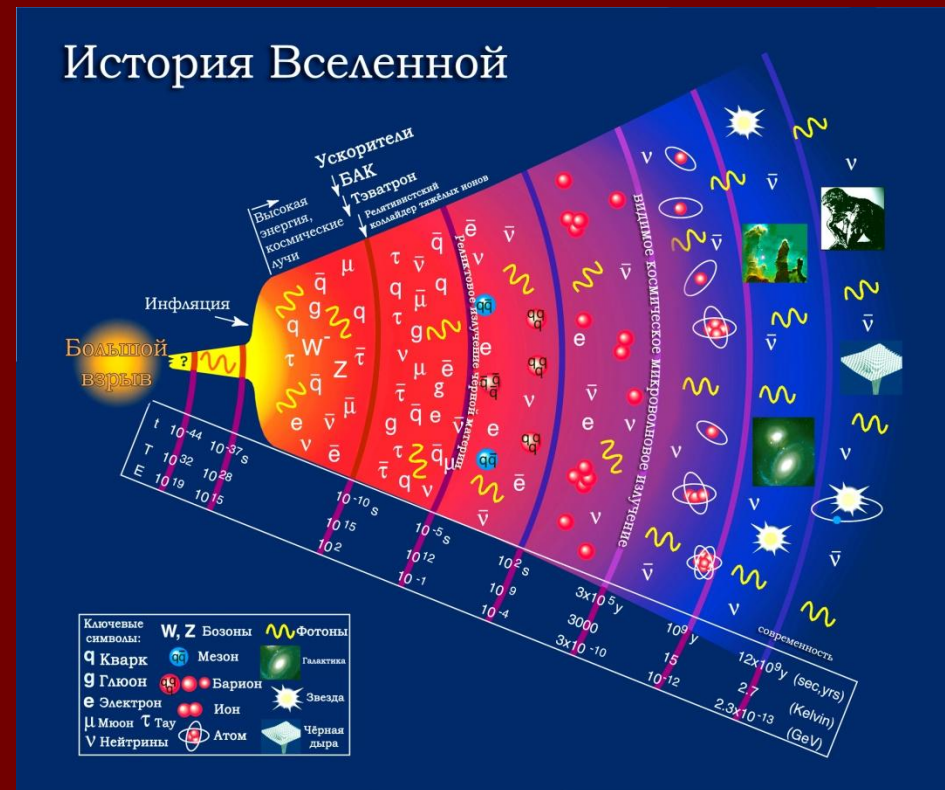
- Фотоны постоянно взаимодействовали с остальными частицами плазмы:
 - упругие столкновения
 - обмен энергией

- Излучение находилось в состоянии теплового равновесия с веществом
- Спектр излучения соответствовал спектру абсолютно чёрного тела



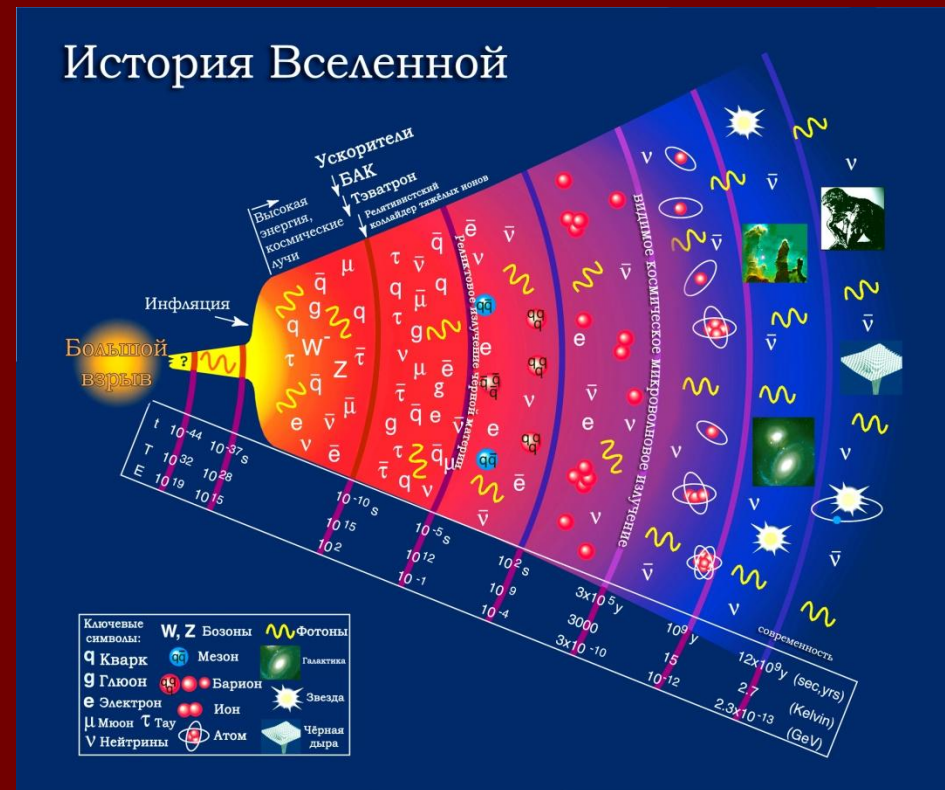
Реликтовое или космическое микроволновое фоновое излучение

- По мере расширения Вселенной плазма остывала →
 - при температуре плазмы около **3000 К** и возрасте Вселенной $\sim 400\,000$ лет
 - →
- Рекомбинация атомов**
- $$e^- + p^+ \rightarrow \text{H}$$
- $$2e^- + {}_2^4\text{He}^{2+} \rightarrow {}_2\text{He}$$



Реликтовое или космическое микроволновое фоновое излучение

- Фотоны перестали рассеиваться уже нейтральными атомами и смогли свободно перемещаться в пространстве → **Разделение вещества и энергии**
- Наблюдаемая сфера, соответствующая данному моменту, называется **поверхностью последнего рассеяния**.
- Это — самый удалённый объект, который можно наблюдать в электромагнитном спектре.

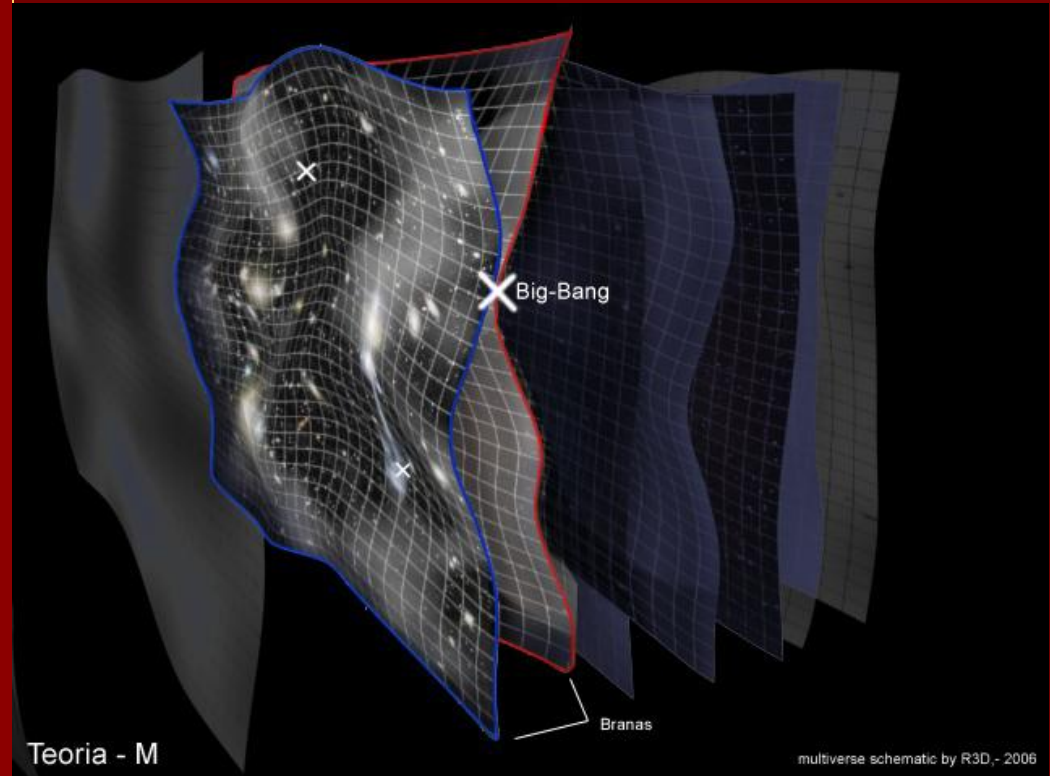


Гипотезы причин большого Взрыва

1	Флуктуация <u>вакуума</u>	Причина флуктуации — <u>квантовые</u> колебания. В результате <u>вакуум вышел из состояния равновесия</u> и перешёл в новое состояние с меньшим энергетическим уровнем. Это привело к <u>выделению энергии</u> .
2	Столкновение <u>бран</u> бран в <u>многомерном пространстве</u>	гипотеза, оперирующая в терминах <u>теории струн</u> , предполагает некое внешнее по отношению к нашей Вселенной событие
3	<u>Антропный принцип</u>	Тот факт, что наша Вселенная приспособлена для образования жизни может объясняться случайностью — в «менее приспособленных» вселенных просто некому это анализировать
4	Концепцию «кипящей <u>Мультивселенной</u> »	непрерывно рождаются новые вселенные и у этого процесса нет начала и конца

Образование Вселенной с точки зрения теории бран (М-теории)

- Всё начинается с холодного, статичного пятимерного пространства-времени
- Четыре пространственных измерения ограничены трёхмерными стенами или *три-бранами*:
 - одна из этих стен и является пространством, в котором мы живём,
 - вторая брана скрыта от восприятия.
- Ещё одна три-брана «потерянна» где-то между двумя граничными бранами в четырёхмерном пространстве.
- При столкновении этой браны с нашей высвобождается большое количество энергии → образуются условия для БВ



Теоретические модели

- Доминирующие теории :
 - 1) **Теория Большого Взрыва**
Описывает химический состав Вселенной
 - 2) **Модель расширения Фридмана**
Описывает расширение

- Теория, признанная многими:
 - 3) **Теория стадии инфляции**
Объясняет причину расширения

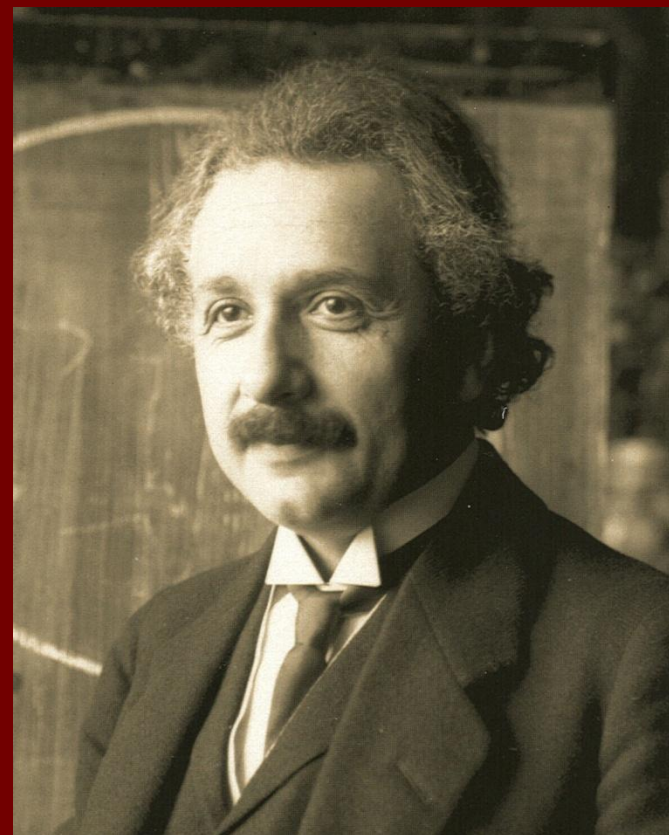


Общая теория относительности - теория гравитации

- В основе большинства моделей расширяющейся Вселенной лежит ОТО и её геометрический взгляд на природу гравитации
- Уравнение гравитационного поля, которые называются уравнение Эйнштейна:

$$R_{ab} - \frac{R}{2}g_{ab} + \Lambda g_{ab} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{ab}$$

Общая теория относительности -
теория гравитации (1907-1915)

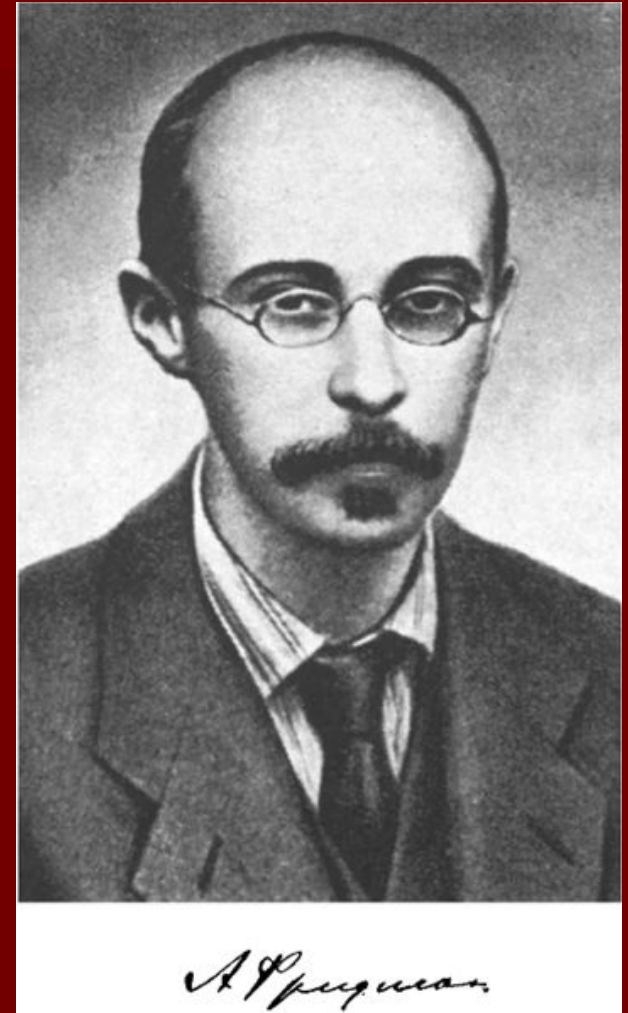


- В 1921 году

Фридман, Александр Александрович

- **Дата рождения:** 1888
- **Место рождения:** Санкт-Петербург Санкт-Петербург, Российская империя
- **Дата смерти:** 1925 (37 лет)
- **Место смерти:** Ленинград, СССР
- **Страна:** Российская империя → СССР
- **Научная сфера:** теоретическая физика теоретическая физика, геофизика теоретическая физика, геофизика, космология

- Нашел решения уравнений ОТО для всей Вселенной в целом
- Обнаружил, что если наш Мир заполнить тяготеющим веществом, он будет либо расширяться, либо сжиматься



Эдвин Хаббл Edwin Hubble

- **Дата рождения:** 1889
- **Место рождения:** штат Миссури, Маршфилде
- **Дата смерти:** 1953 (63 года)
- **Место смерти:** Калифорния Калифорния, Сан-Марино
- **Страна:** США
- **Научная сфера:**
- Астрономия
- **Место работы:**
- Йеркская обсерватория, Маунт-Вилсоновская обсерватория
- **Известен как:** Закон Хаббла



□ В наблюдениях Э.Хаббла соответствующие решения уравнения ОТО получили практическое подтверждение

Закон Хаббла

- В 1929 году В 1929 году обнаружил зависимость между красным смещением галактик и расстоянием до них
- Закон Хаббла
Чем дальше галактика, тем больше ее скорость V : $V = H_0 \cdot D$,
где D – расстояние
 H_0 - коэффициент пропорциональности
(постоянная Хаббла)

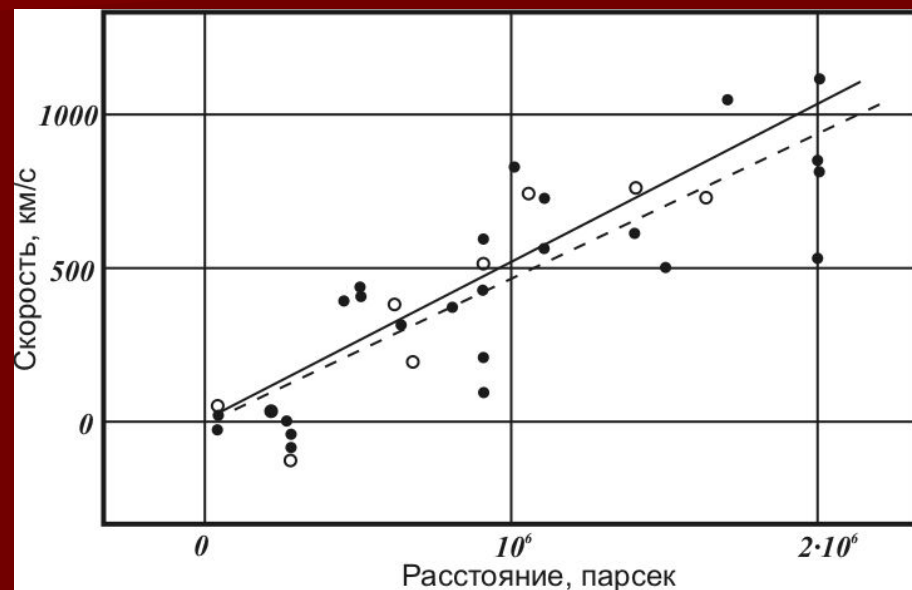


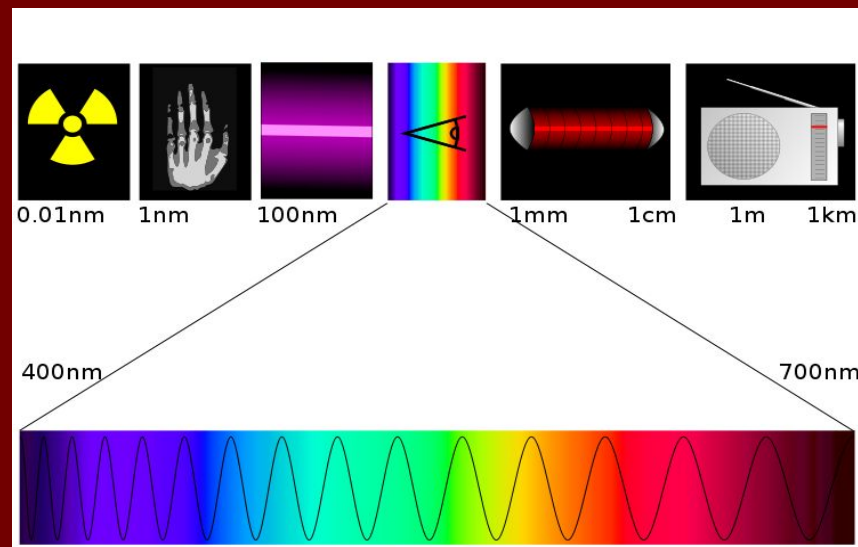
График из оригинальной работы Хаббла работы Хаббла 1929 года

Закон Хаббла

■ «Красное смещение»

- понижение частот
электромагнитного
излучения

В видимой части спектра
линии смещаются к его
красному концу

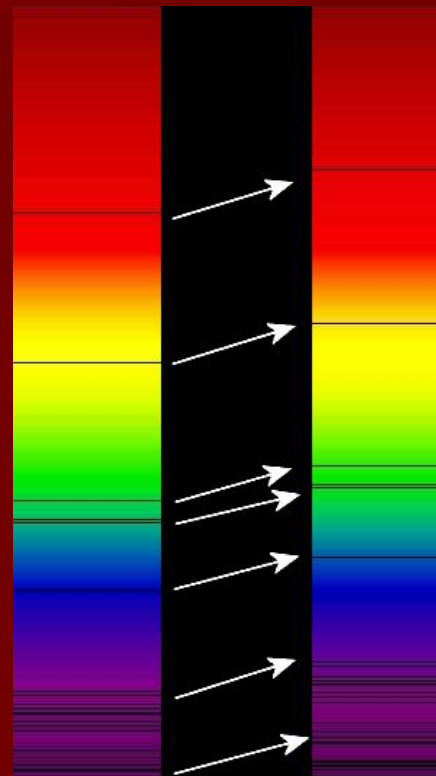


Эффект Доплера - при удалении от нас источника колебаний, воспринимаемая нами частота колебаний уменьшается, а длина волны соответственно увеличивается

Закон Хаббла

- **«Красное смещение»**
 - сдвиг спектральных линий химических элементов в красную (длинноволновую) сторону

Красное смещение подтверждает теоретический вывод о нестационарности области нашей Вселенной



Спектр излучения водорода

Геóргий Анто́нович Га́мов, также известен как Джордж Гамов

- **Дата рождения:** 20 февраля (4 марта) 20 февраля (4 марта) 1904 (1904-03-04)
- **Место рождения:** Одесса Одесса, Российская империя
- **Дата смерти:** 19 августа 19 августа 1968 (1968-08-19) (64 года)
- **Место смерти:** Боулдер Боулдер, Колорадо, США
- **Страна:** СССР
США
- **Научная сфера:**
- Теоретическая физика
Астрофизика



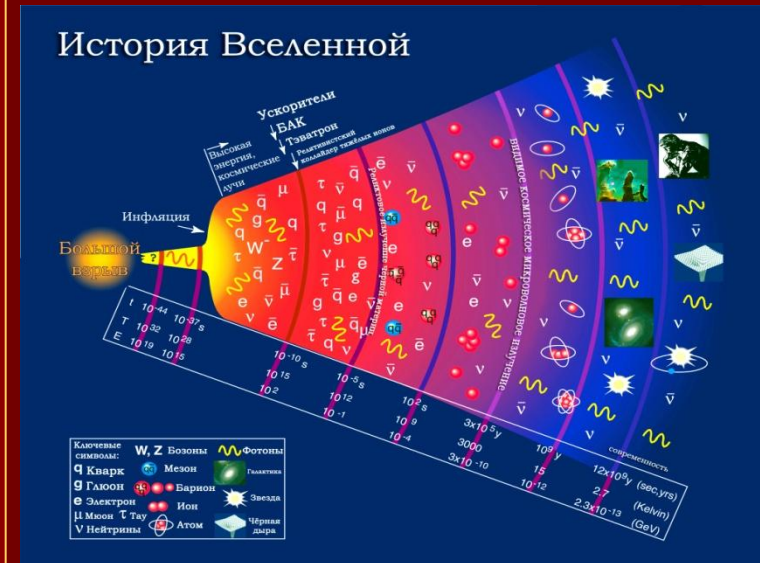
Геóргий Анто́нович Га́мов, также известен как Джордж Гамов

- **Место работы:**
 - Ленинградский Физико-технический институт
 - Университет Джорджа Вашингтона
 - Университет штата Колорадо в Боулдере
- **Альма-матер:**
 - Ленинградский университет
- **Научный руководитель:**
 - А. А. Фридман
 - Ю. А. Крутков
- **Известен как:**
 - автор концепции реликтового излучения,
 - автор идеи триплетного генетического кода



Горячий Большой взрыв

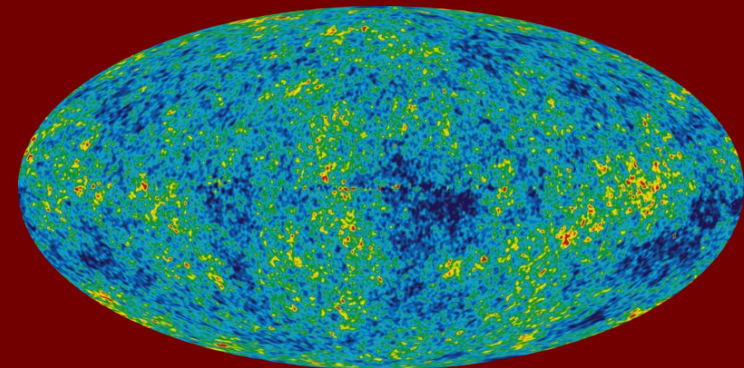
1. Вселенная началась с бесконечно высокой температуры T и плотности в **сингулярности** Большого взрыва
2. По мере расширения Вселенная T и интенсивность излучения \downarrow .
3. **0,01 сек** после БВ - $T \sim 100$ млрд град. Вселенная наполнена в основном фотонами, электронами, нейтрино, а также некоторым количеством протонов p^+ и нейтронов n^0 .
4. **3 мин** - $T \sim 1$ млрд град. p^+ протоны и n^0 стали образовывать гелий, изотопы водорода и другие легкие элементы
5. **Сотни тысяч лет** спустя - T неск.тыс. град. Электроны замедлились до такой степени, что легкие ядра смогли захватывать их, образуя атомы.
6. Более тяжелые элементы, из которых мы состоим, образовались лишь **миллиарды лет** спустя в результате горения гелия в ядрах звезд



Горячий Большой взрыв

1. Вселенная началась с бесконечно высокой температуры T и плотности в **сингулярности** Большого взрыва
2. По мере расширения Вселенная T и интенсивность излучения \downarrow .
3. **0,01 сек** после БВ - $T \sim 100$ млрд град. Вселенная наполнена в основном фотонами, электронами, нейтрино, а также некоторым количеством протонов p^+ и нейтронов n^0 .
4. **3 мин** - $T \sim 1$ млрд град. p^+ протоны и n^0 стали образовывать гелий, изотопы водорода и другие легкие элементы
5. **Сотни тысяч лет** спустя - T неск.тыс. град. Электроны замедлились до такой степени, что легкие ядра смогли захватывать их, образуя атомы.
6. Более тяжелые элементы, из которых мы состоим, образовались лишь **миллиарды лет** спустя в результате горения гелия в ядрах звезд

- Эту картину Вселенной **впервые описал физик Георгий Гамов** в **1948г.** в статье, написанной совместно с **Ральфом Альфредом**
- Было сделано предсказание, что излучение той очень горячей эпохи и сегодня все еще вокруг нас
- Предсказание ученых подтвердилось в **1965 г.**, когда физики **Арно Пензиас** и **Роберт Вильсон** зарегистрировали космическое фоновое микроволновое излучение



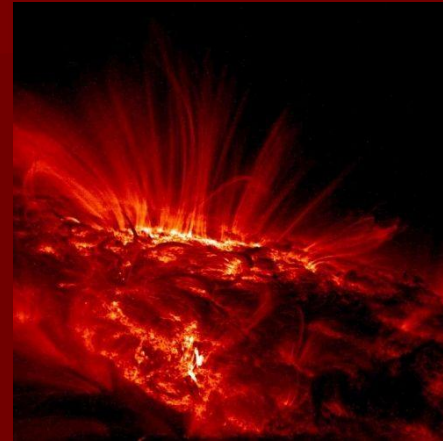
Эволюция Вселенной

1		Сингулярность Большого взрыва	Планковская эпоха- неизвестные законы физики
2	10^{-43} с	Эпоха Теории великого объединения (ТВО)	Баланс вещества и антив-ва склоняется в пользу в-ва
3	10^{-35} с	Эпоха электрослабого взаимодействия	Населена кварками и антикварками
4	10^{-10} с	Эпоха адронов и лептонов	Кварки связываются в протоны, нейтроны, мезоны и др.б.
5	1 с	Электроны и позитроны аннигилируют друг с другом	Нейтрино отделяется от вещества
6	3 мин	Вещество и излучение связаны	Протоны и нейтроны объединяются в ядра дейтерия, гелия и лития
7	300 000 лет	Разделение вещества и энергии	В. становится прозрачной для фонового космического излучения
8	1 млрд лет	Скопления вещества формируют квазары, звезды и протогалактики	Звезды начинают синтезировать более тяжелые ядра
9	>5 млрд лет	Образуются новые галактики и планетные системы вокруг звезд Атомы связываются в сложные белковые молекулы	

Теория «великого объединения»

- Как предполагают, в **момент БВ** действовало **единое взаимодействие**
- Разделилось на четыре в первые мгновения существования нашего Мира

- 1) **сильное**
- 2) **электромагнитное**
- 3) **слабое**
- 4) **гравитационное**

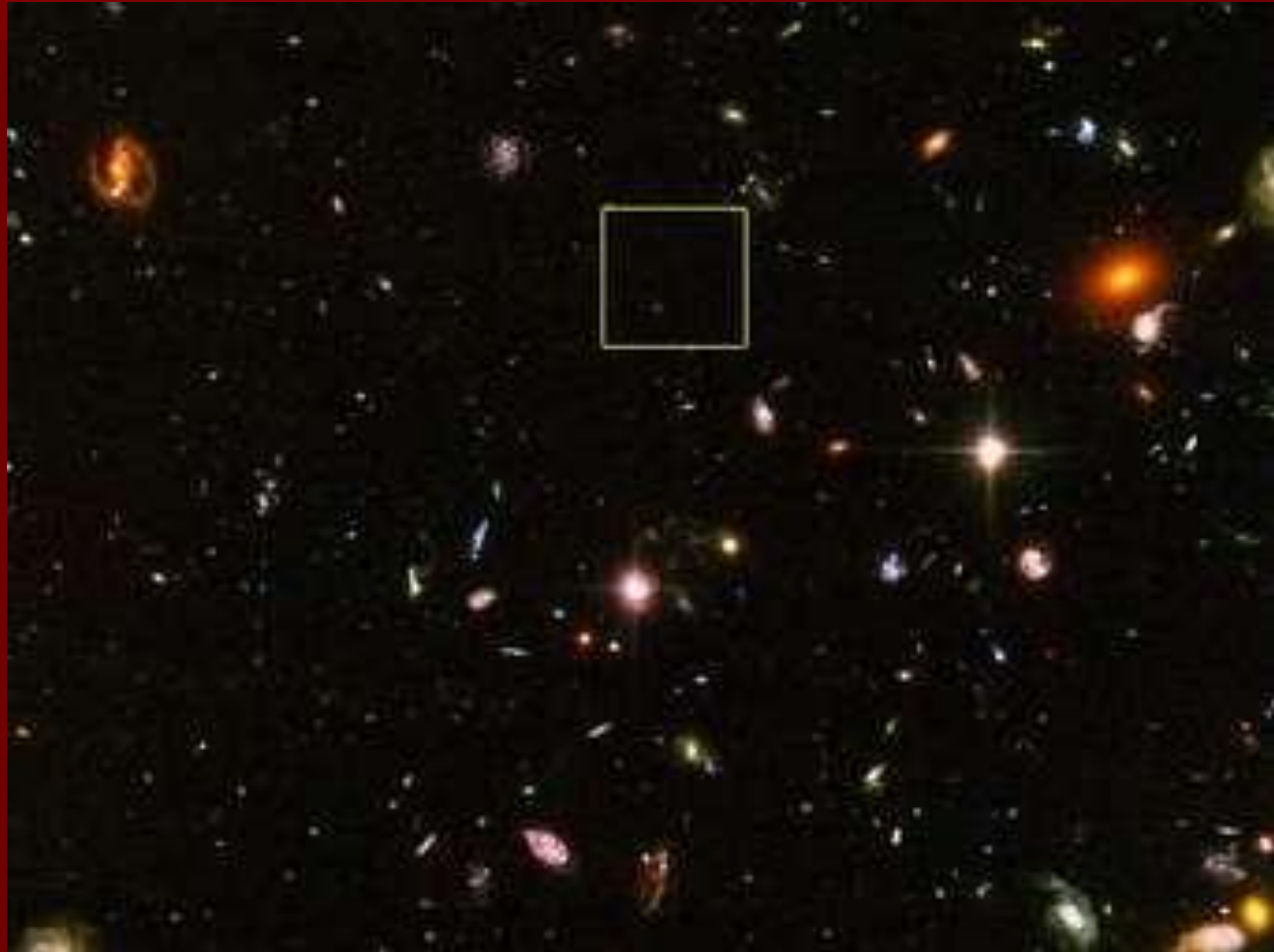


Большой взрыв -13,7 млрд.лет

Время после Большого взрыва, лет	Событие	Время от сегодняшнего момента, лет
400 тыс.	Космическое микроволновое реликтовое излучение	~13,7 млрд.
380 тыс.-150 млн.	Темные века (Вселенная непрозрачна для света)	13,55 млрд.
400 млн.	Первые звезды	12,7 млрд.
1 млрд.	Первые галактики	
8,7 млрд.	Формирование Солнечной системы	4,6 млрд.

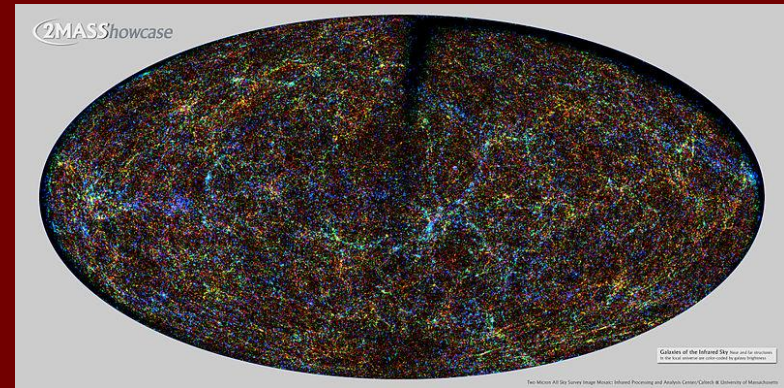
Самый удаленный из известных объектов во Вселенной

- 21.10.2010,
14:06:27
- Галактика
UDFy-38135539
видна в желтом
квадрате.
Изображение
NASA/ESA
- Образовалась
спустя всего 600
млн. лет после
Большого взрыва



Наблюдаемая Вселенная

- Теоретически, граница наблюдаемой Вселенной доходит до самой космологической сингулярности.
- На практике границей наблюдений является реликтовое излучение - наиболее удаленный объект Вселенной.
- Хотя и грубо, но наблюдаемую Вселенную можно представлять как шар с наблюдателем в центре.
- Расстояние до края наблюдаемой Вселенной оценивается более чем в 46,5 млрд. световых лет световых лет (около 14 гигапарсек) во всех направлениях.

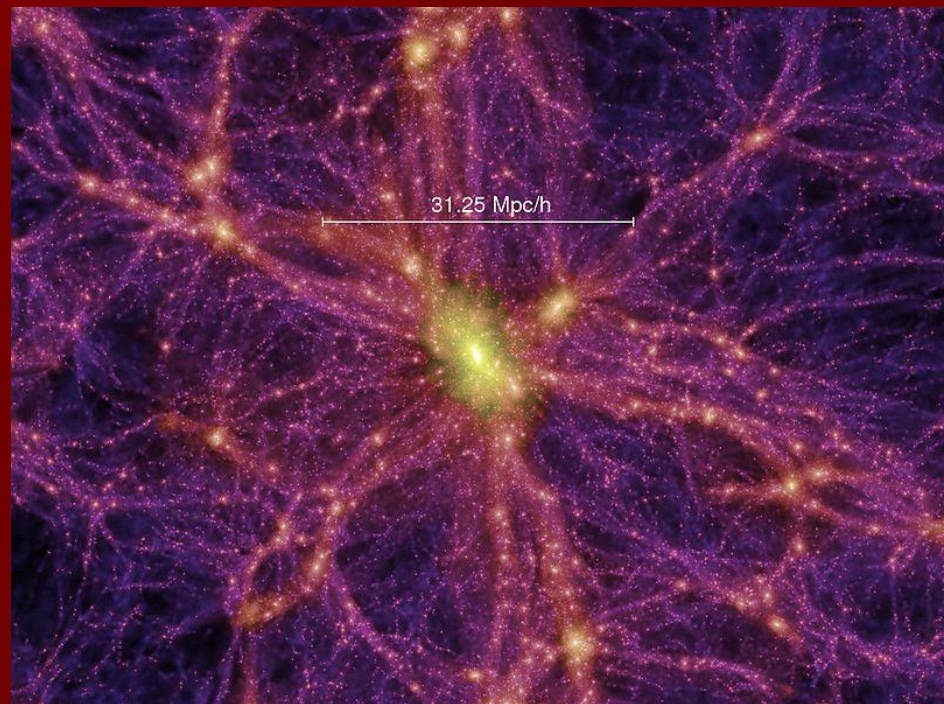


Крупномасштабная структура Вселенной.

Так она выглядит в
инфракрасных лучах.
Extended Source Catalog

Облик Вселенной

- Вселенная имеет четко выраженную структуру
- Однако понятия классической механики, (масса, размер) для неё не имеют смысла: Вселенная ни с чем не взаимодействует.
- Вселенную описывают как термодинамическую систему, употребляя такие понятия как
 - плотность,
 - давление,
 - температура,
 - химический состав.
- Именно они и определяют облик Вселенной как единого целого.



Расчётная структура Вселенной по данным Millennium simulation.

Облик Вселенной

Химический состав	Средняя температура	Плотность
— 75 % — 23 % — 1 % — 0,5 %	2,725 К	10^{-29} г/см ³ . Из них: — 74 % — 22 % — 4 %

Облик Вселенной формируется множеством процессов, действующих на разном уровне иерархии и имеющие различную природу.

Самый крупный из них — это расширение Вселенной.

Облик Вселенной

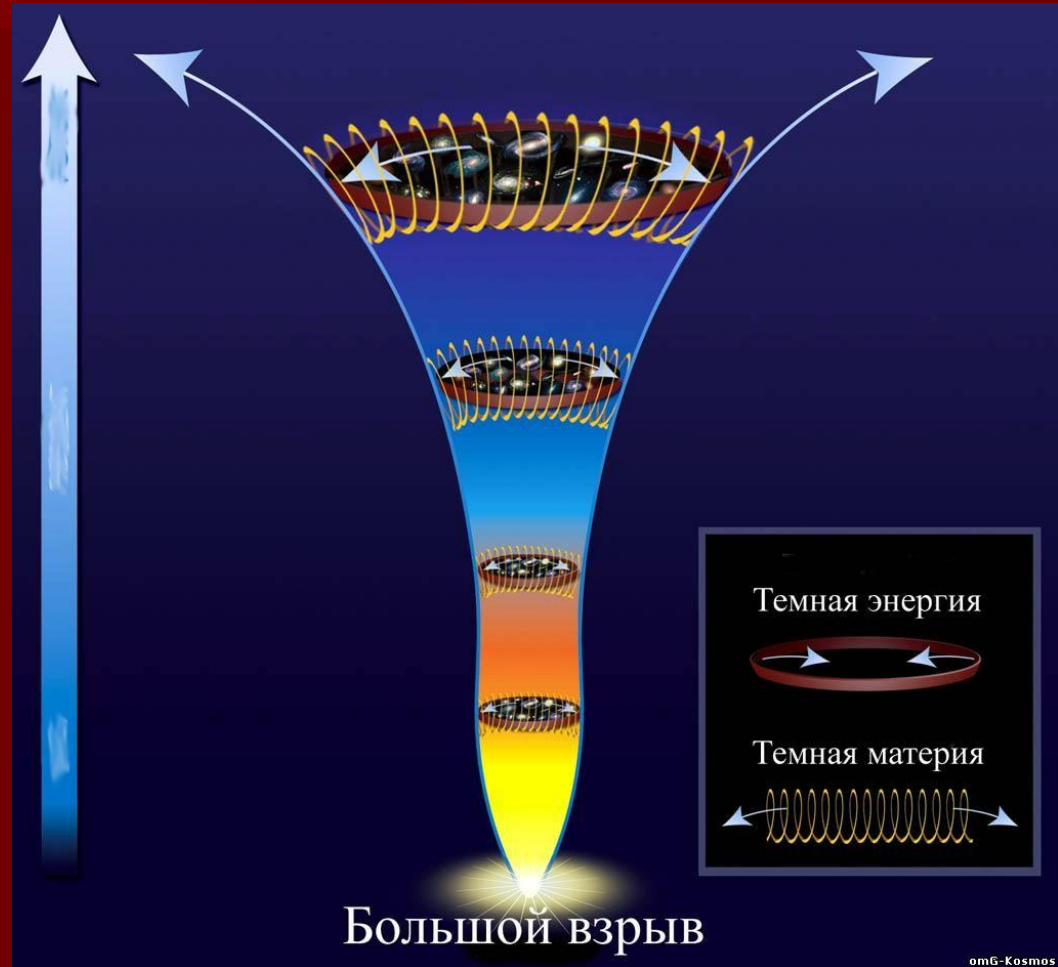
Химический состав	Средняя температура	Плотность
Н — 75 % He — 23 % O — 1 % C — 0,5 %	2,725 К	10^{-29} г/см ³ . Из них: Темная энергия — 74 % Темная материя — 22 % Барионное вещество — 4 %

Облик Вселенной формируется множеством процессов, действующих на разном уровне иерархии и имеющие различную природу.

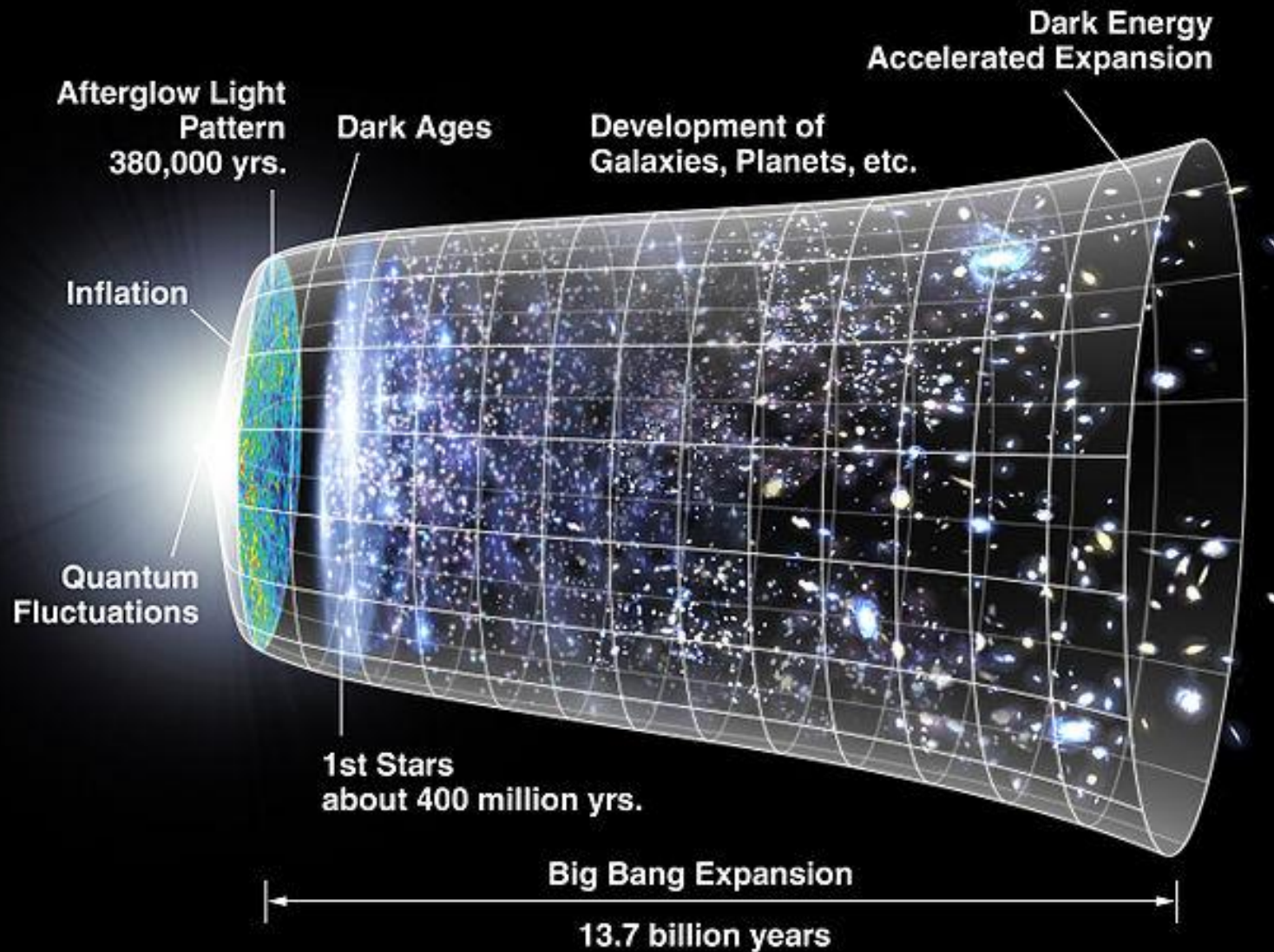
Самый крупный из них — это расширение Вселенной.

Устройство Вселенной

- Одно из важнейших свойств Вселенной — она расширяется, причём ускоренно.
- Чем дальше расположен объект от нашей галактики, тем быстрее он от нас удаляется



Облик и устройство Вселенной



Иерархия масштабов во Вселенной

- A diagram of our location in the Local Supercluster in a series of five star maps that show from left to right our location in the Solar System, in the Sun's neighborhood of stars, in the local area of the Milky Way galaxy, in the Local Group of galaxies, and in the Supercluster of galaxies.



[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universe Reference Map ru.jpg?uselang=ru](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universe_Reference_Map_ru.jpg?uselang=ru)

Устройство Вселенной

- Структура видимого вещества:

- a. Галактики

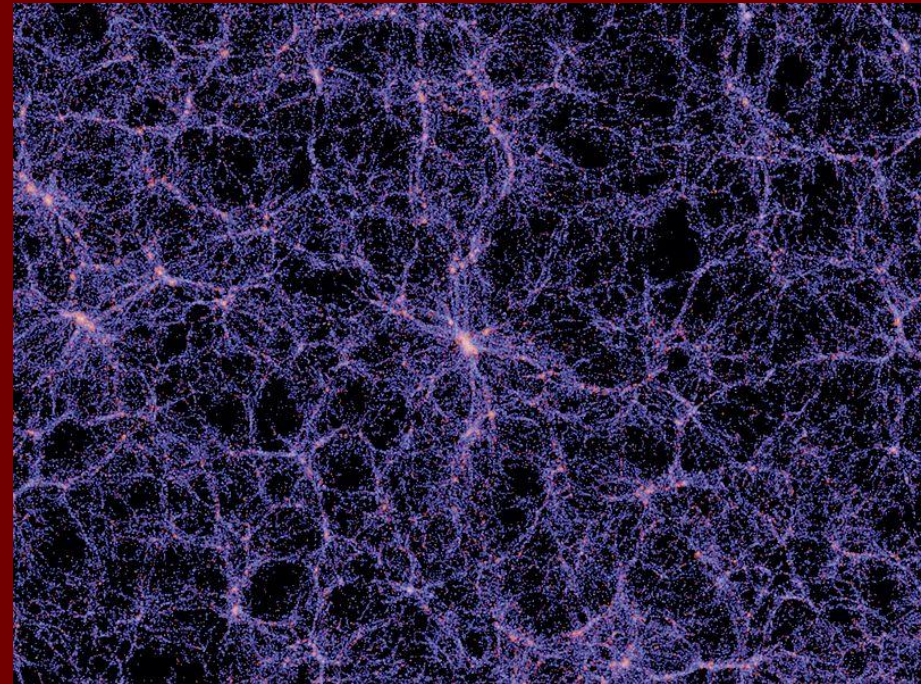
- b. Группы (скопления) галактик

- c. Сверхскопления галактик

- d. Сверхскопления сосредоточены в основном внутри плоских слоёв. Между слоями находится пространство, практически свободное от галактик.

- В очень больших масштабах Вселенная имеет ячеистую структуру, напоминающую «ноздреватую» структуру хлеба.

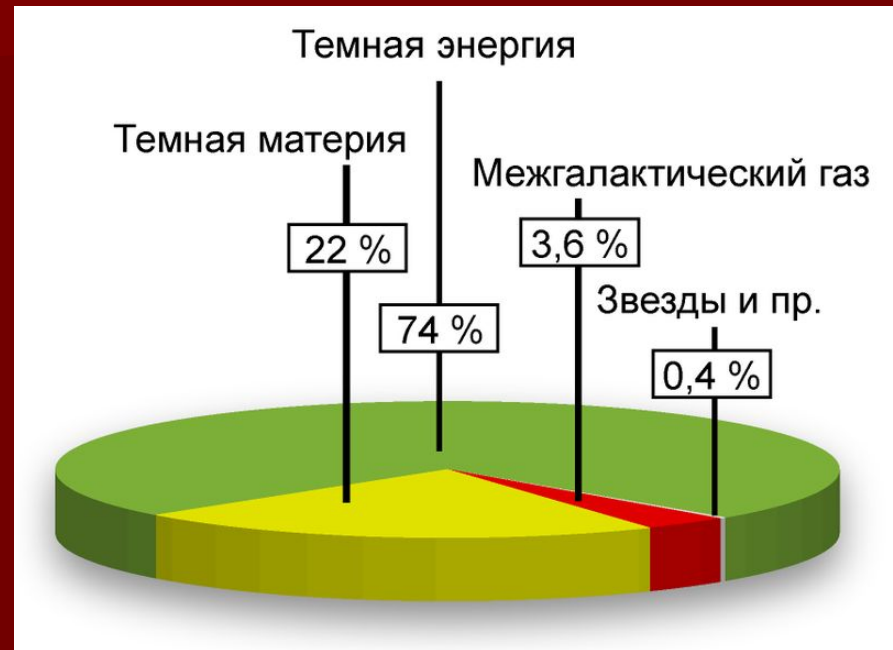
- Однако на ещё бóльших расстояниях (свыше 1 млрд световых лет) вещество во Вселенной распределено однородно



- Распределение галактикРаспределение галактик во Вселенной, полученное в результате расчёта на суперкомпьютереРаспределение галактик во Вселенной, полученное в результате расчёта на

Устройство Вселенной

- Помимо видимого вещества:
 - а) Тёмная материя — Тёмная материя, проявляющаяся через гравитационное воздействие. Тёмная материя сосредоточена в галактиках.
 - б) Гипотетическая тёмная энергия, которая является причиной ускоренного расширения Вселенной.



- Согласно расчётам:
- > 70 % массы во Вселенной приходится на тёмную энергию (если перевести энергию в массу по формуле Эйнштейна),
- > свыше 20 % — на тёмную материю
- и лишь ~5 % — на обычное вещество.

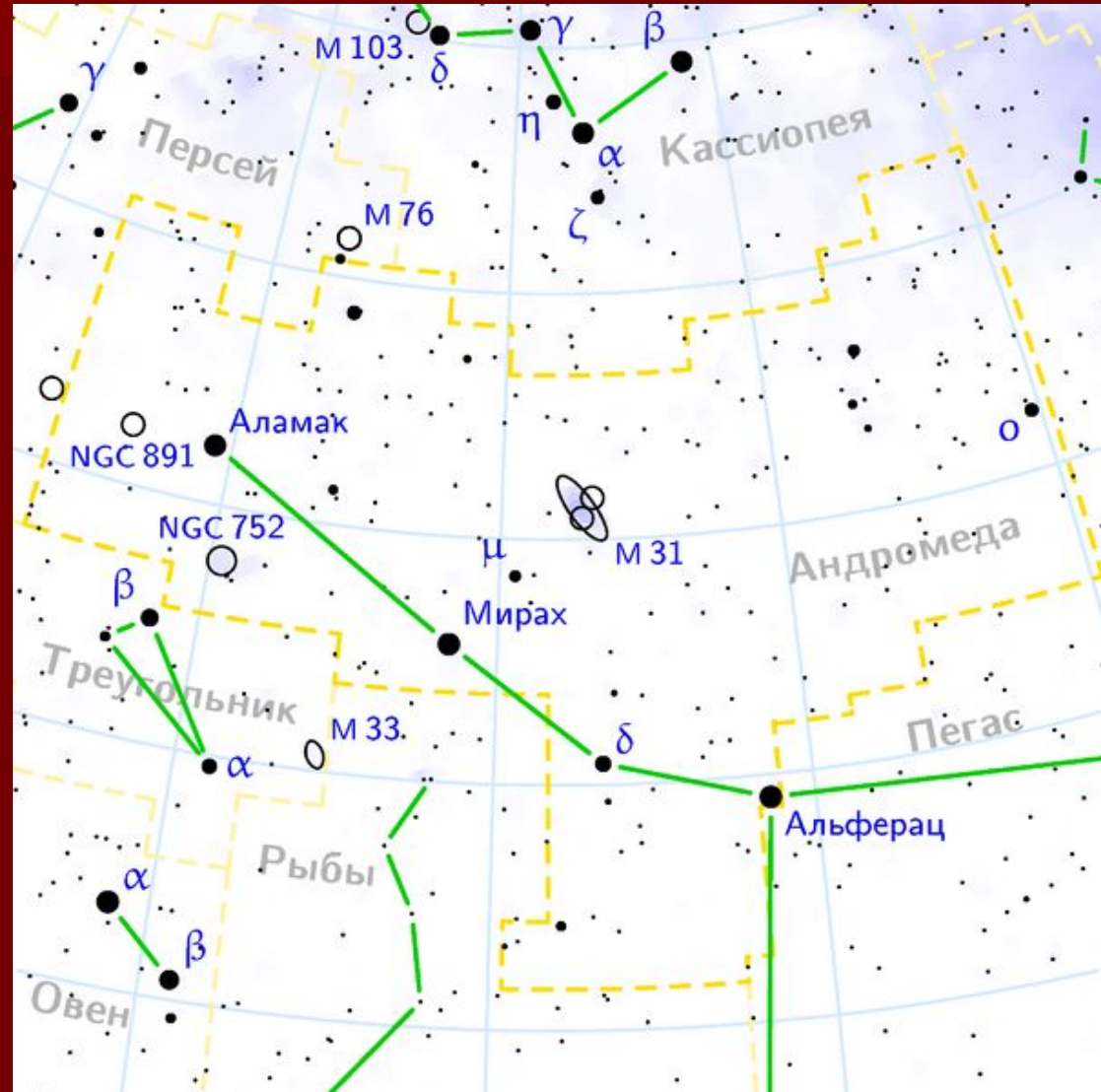
Звёздное скопление

- — гравитационногравитационно связанная группа звёздгравитационно связанная группа звёзд, имеющая общее происхождение и движущаяся в гравитационном поле галактики как единое целое
- **Звезда** - небесное тело, в котором идут термоядерные реакции
- Некоторые **звёздные скопления** также содержат, кроме звёзд, облака газа также содержат, кроме звёзд, облака газа и/или пыли
- Два типа:
 - 1) шаровые
 - 2) рассеянные
- Плеяды,
рассеянное скопление



А что же такое « созвездия»?

- Участок небесной сферы, на которой расположена группа звезд со всеми находящимися там объектами
- В 1922 году в Риме решением I Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза был окончательно утверждён список из 88 созвездий



Гала́ктика

- гравитационно-связанная система, состоящая из :
 - 1 - звёзд,
 - 2 - межзвёздного газа,
 - 3 - пыли и
 - 4 - тёмной материи
- Все объекты в составе галактик участвуют в движении относительно общего центра масс
- Предполагается, что в наблюдаемой части Вселенной их порядка 10^{11}



- **Эллиптическая галактика ESO 325-G004**

**Спиральная галактика NGC 4414 из созвездия Волосы Вероники
диаметром около 56 000 световых лет, находящаяся на
расстоянии примерно в 60 млн световых лет от Земли**



Послёдовательность Хáббла

- — классификация галактик — классификация галактик, предложенная в 1936 — классификация галактик, предложенная в 1936 Эдвином Хабблом.
- Тип галактики:
- Спиральные (S и SB) (SBa, SBb, SBc, SBd — спиральные галактики с перемычкой)
- Эллиптические (E), Иррегулярные (Irr)



Гала́ктика

■ Межзвёздный газ -

разряженная газовая среда, заполняющая всё **пространство между звёздами**

■ Химический состав

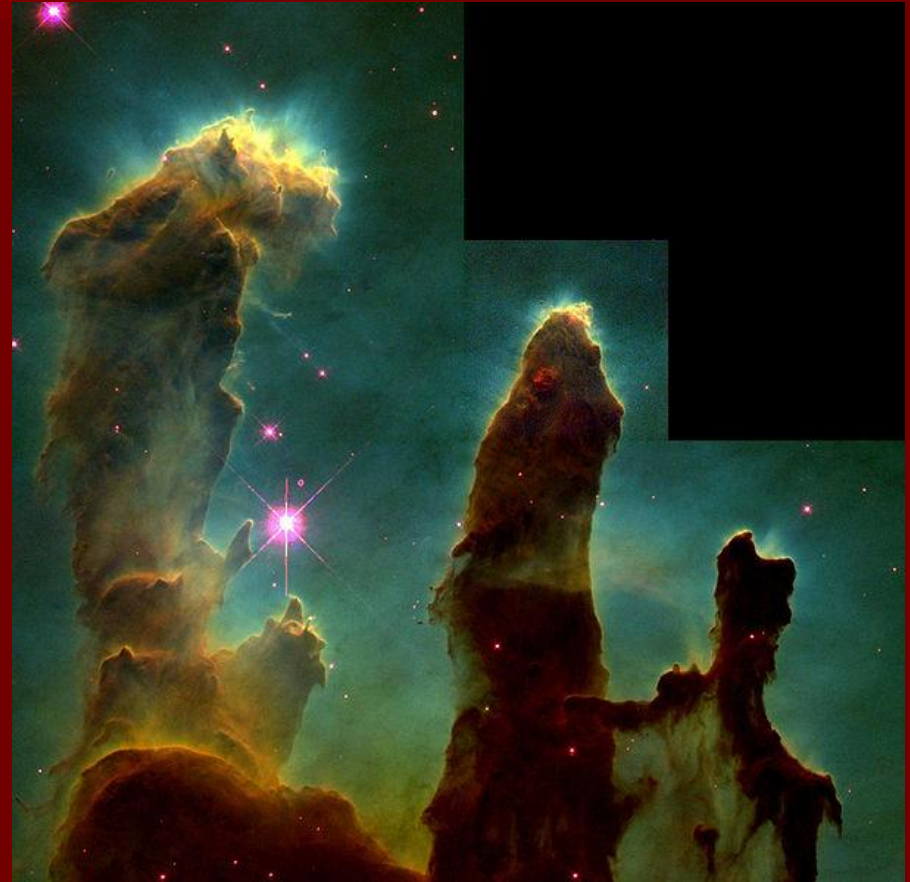
примерно такой же, как и у большинства звёзд:

■ водород и гелий

■ (90 ат.% и 10 ат. %) с небольшой примесью более тяжёлых элементов.

■ В зависимости от **температуры и плотности** межзвёздный газ пребывает в:

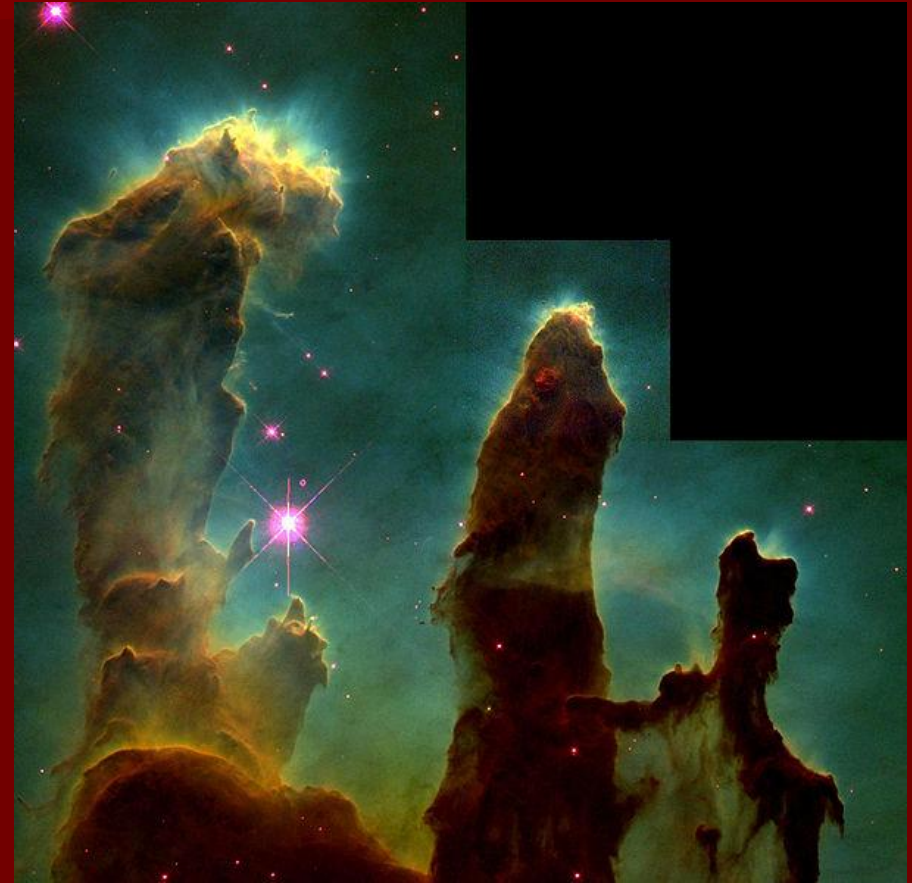
1. молекулярном
2. атомарном или
3. ионизованном состояниях



Hubble Space Telescope

Гала́ктика

- **Межзвёздная пыль**
- - примесь твёрдых микроскопических частиц в межзвёздном газе
- Полная масса межзвёздной пыли составляет около 1 % от массы газа
- Вероятно, пылинки имеют тугоплавкое ядро (графитовое Вероятно, пылинки имеют тугоплавкое ядро (графитовое, силикатное Вероятно, пылинки имеют тугоплавкое ядро (графитовое, силикатное или металлическое)



Hubble Space Telescope

Туманность

- — межзвездное облако межзвездное облако, состоящее из пыли межзвездное облако, состоящее из пыли, газа межзвездное облако, состоящее из пыли, газа и плазмы, выделяющееся своим излучением или поглощением по сравнению с окружающей его межзвёздной средой



Туманность Конская Голова,
тёмная туманность в созвездии Ориона
снимок телескопа Хаббл

Туманность

■ Типы туманностей:

- 1) **Тёмные** – поглощение ими света.
Наблюдаются благодаря поглощению излучения расположенных за ними источников
- 2) **Светлые** - излучение излучение (рассеивание) ими света

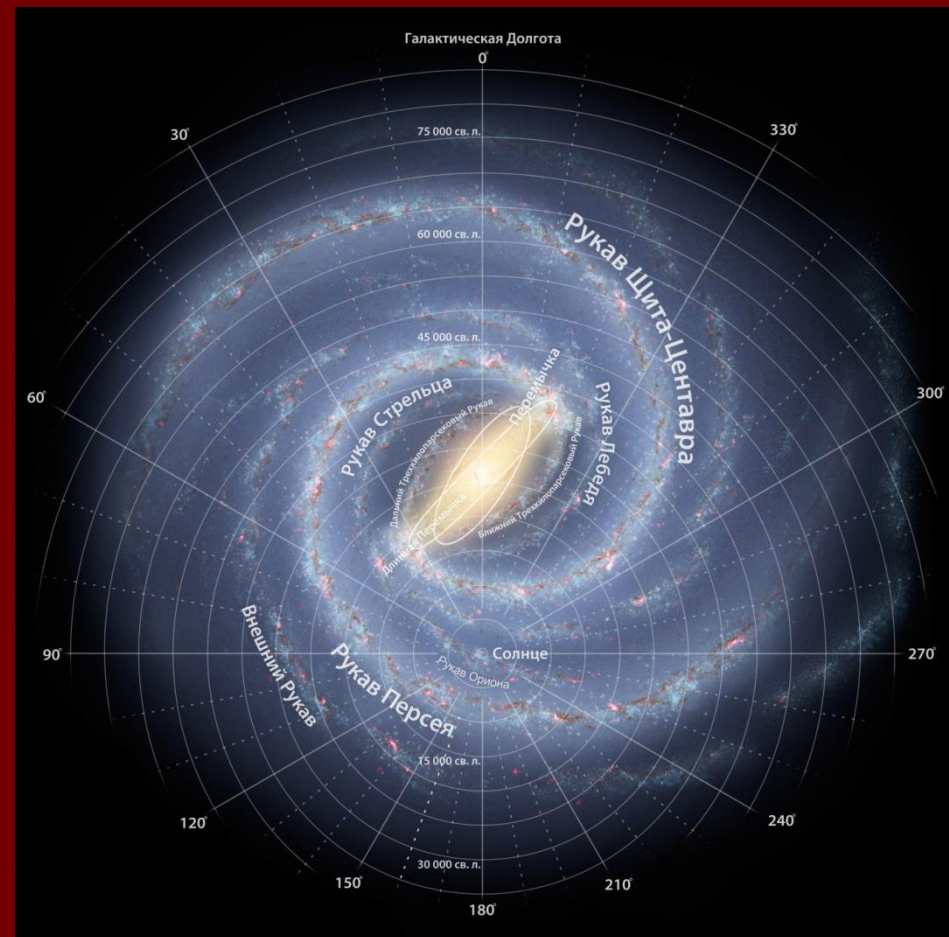


- Большая туманность Ориона находится ниже Пояса Ориона
- является светящейся

Наша Галактика – Млечный путь

- гигантская звёздная система
- Является спиральной галактикой с перемычкой
- Вместе с галактикой Андромеды и галактикой Треугольника, а также несколькими меньшими галактиками-спутниками образует Местную группу, которая, в свою очередь, входит в Сверхскопление Девы.

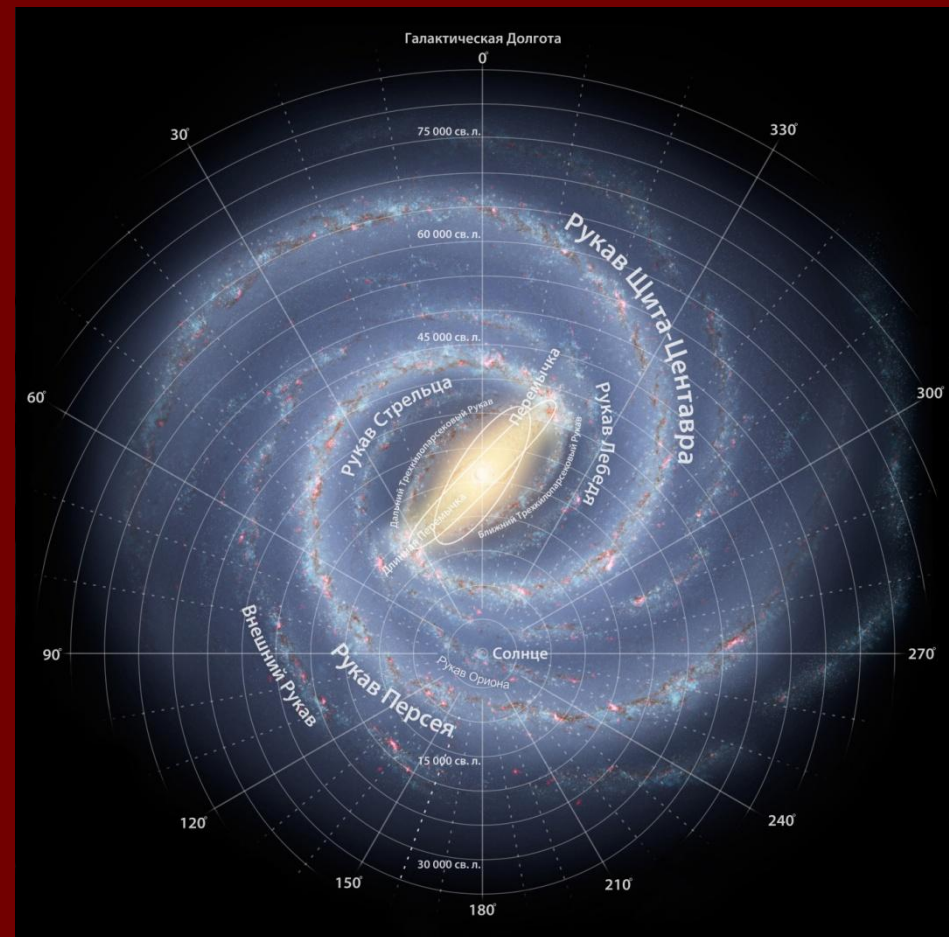
- Млечный путь (компьютерная модель). Спиральная галактика с перемычкой.



Наша Галактика – Млечный путь

- Тип Тип SBbc (спиральная галактика с перемычкой)
- Диаметр 100 000 св. лет
- Толщина 3 000 (балдж) — 1 000 (диск) св. лет
- Число звёзд $2-4 \times 10^{11}$
- Возраст старейшей из известных звёзд 13,2 млрд лет
- Расстояние от Солнца Расстояние от Солнца до галактического центра $26\,000 \pm 1\,400$ св. лет
- Галактический период обращения Солнца 225–250 млн лет

- Млечный путь (компьютерная модель). Спиральная галактика с перемычкой.



Ближайшая к нам галактика – Туманность Андромеды

- **Галактика Андромеды** или **Туманность Андромеды** — спиральная галактика — спиральная галактика типа Sb.
- Расположена в созвездии Андромеды Расположена в созвездии Андромеды и удалена от нас на расстояние 2,52 млн световых лет.



Скопления галактик

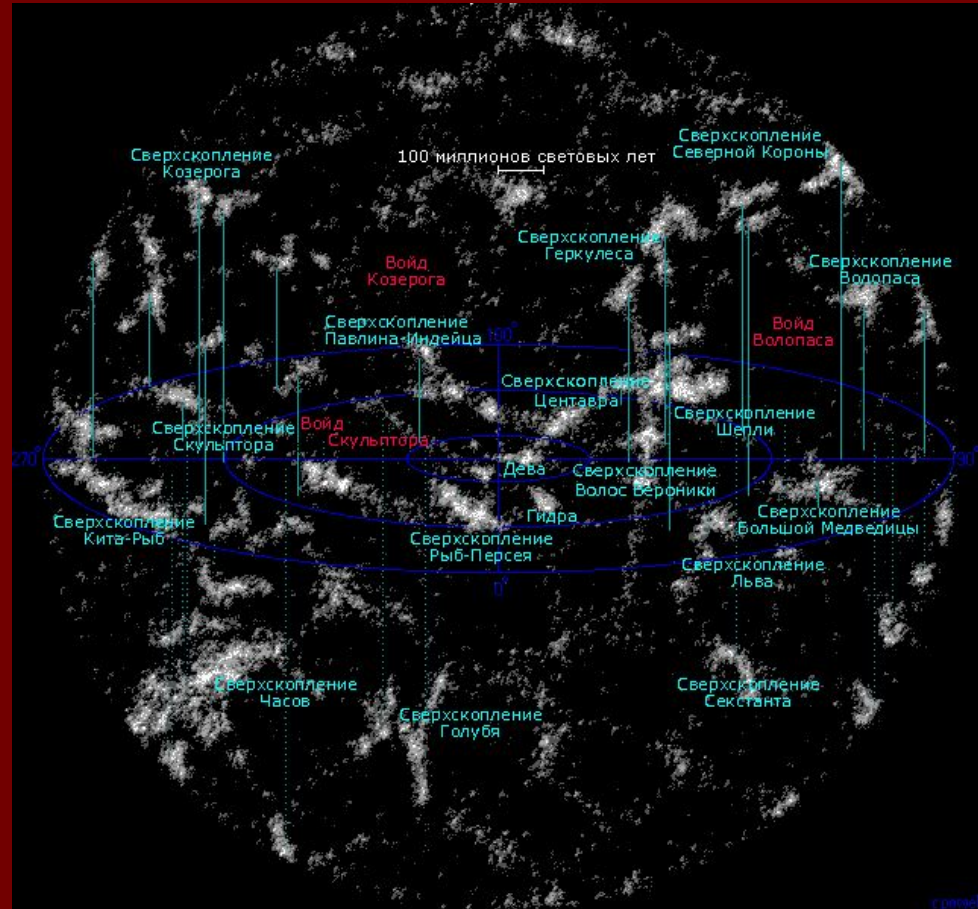
- — гравитационно-связанные системы галактик— гравитационно-связанные системы галактик, одни из самых больших структур во вселенной.
- Размеры скоплений галактик могут достигать 10^8 световых лет.
- **1 - Регулярные** — скопления правильной сферической формы.
Пример: скопление Волос Вероники
- **2 - Иррегулярные** — скопления без определённой формы.



- Спиральная галактика NGC 4911, расположенную в скоплении Волос Вероники.

Сверхскопление галактик

- Размеры сверхскоплений достигают сотен миллионов световых лет
- Сверхскопления настолько большие, что **не являются** гравитационно-связанными и, поэтому, принимают участие в расширении Хаббла
- В пределах 1 млрд св. лет находится около 100 сверхскоплений
- **Вселенная в пределах 1 млрд световых лет (307 Мпарсек), показывающая ближайшие сверхскопления**



Комплекс процессов, формирующих эволюцию галактики

- Все, не вошедшие в центральную область - процессы, масштабы которых сравнимы или больше размера галактики
- Эти процессы меняют морфологическую структуру, темп звездообразования
 - скорость химической эволюции
 - спектр галактики и т. д.



В центре - этапы эволюции одной звезды, от её формирования до смерти . Их ход мало зависит от того, что творится со всей галактикой в целом.

Теоретическая судьба Вселенной

- Определяется расширением Вселенной
- Этот процесс зависит во многом от средней плотности Вселенной - так называемой **критической плотности**



Теоретическая судьба Вселенной

- 1) **Плоская Вселенная** - если плотность равна критической, то расширение идет с одинаковой скоростью
- 2) **Замкнутая Вселенная** - если больше, то Вселенная в конце концов схлопнется
- 3) **Открытая Вселенная** - если меньше, то будет расширяться со всё большим ускорением, что в итоге приведет к Большому Разрыву



Единицы измерения расстояния в астрономии

Единица измерения	Определение	Значение	Область применения
Световой год внесистемная единица длины	= расстоянию, проходимому <u>светом</u> = расстоянию, проходимому светом за <u>год</u>	95 миллиардов триллионов км	Качеств.предст-ие масштабов расстояния в астрономии: от сек. до млрд св. лет
Астрономическая единица	= среднему расстоянию между <u>центрами масс</u> = среднему расстоянию между центрами масс <u>Земли</u> = среднему расстоянию между центрами масс Земли и <u>Солнца</u> 1а.е. = длине <u>большой полуоси</u> орбиты Земли.	~150 млн.км	Внутри Солнечной системы
1 парсек	Расстояние в 1 парсек соответствует смещению звезды на	3,26 светового года	Расстояние до не слишком далеких звезд

Рождение Вселенной

- Сингулярность БВ → флуктуации вакуума → выделение энергии → инфляционный скачок пространства
- Излучение → вещество → звезды → скопление звезд → галактики



Хронология Большого взрыва

Время	Эпоха	Событие	Время от сегодн. момента, лет
0	Сингулярность	<u>Большой взрыв</u>	13,7 млрд.
10^{-43} с	Планковская эпоха	Рождение частиц	13,7 млрд.
10^{-43} — 10^{-35} с	Эпоха Великого объединения	Отделение гравитации от объединённого электрослабого и сильного взаимодействия. Разрушение Великого объединения.	13,7 млрд.
10^{-35} — 10^{-31} с	Инфляционная эпоха	Из вакуума быстро рождаются частицы (кварки и глюоны, лептоны, фотоны), Вселенная экспоненциально увеличивает свой радиус на много порядков.	13,7 млрд.
10^{-31} — 10^{-12} с	Электрослабая эпоха	Вселенная заполнена кварк-глюонной плазмой, лептонами, фотонами, W- и Z-бозонами, бозонами Хиггса. Нарушение суперсимметрии (гипотетическая симметрия, связывающая бозоны и фермионы)	13,7 млрд.
10^{-12} — 10^{-6} с	Кварковая эпоха	Электрослабая симметрия нарушена, все четыре фундаментальных взаимодействия существуют отдельно. Вселенная заполнена кварк-глюонной плазмой, лептонами и фотонами.	13,7 млрд.
10^{-6} — 1 с	Адронная эпоха	<u>Адронизация</u> Адронизация (формирование адронов из кварков и глюонов). <u>Аннигиляция</u> барион-антибарионных пар. Малый избыток барионов над антибарионами (около $1:10^9$).	13,7 млрд.
1 с — 3 мин	Лептонная эпоха	<u>Аннигиляция</u> Аннигиляция лептон-антилептонных пар. Распад части <u>нейтронов</u> Аннигиляция лептон-антилептонных пар. Распад части нейтронов. Вещество становится прозрачным для <u>нейтрино</u> .	13,7 млрд.

Хронология Большого взрыва

Время	Эпоха	Событие	Время от сегодняшн. момента, лет
3 минуты — 380 000 лет	Протонная эпоха	Нуклеосинтез гелия, дейтерия, следов лития-7 (20 минут). Вещество начинает доминировать над излучением (70 000 лет), что приводит к изменению режима расширения Вселенной. В конце эпохи (380 000 лет) происходит рекомбинация водорода (слияние $p^+ + e^-$) и Вселенная становится прозрачной для фотонов теплового излучения	13,7 млрд.
380 000 — 150 млн лет	Тёмные Века	Вселенная заполнена водородом и гелием, реликтовым излучением, излучением атомарного водорода на волне 21 см. Водород поглощает свет звезд. Вселенная непрозрачна для света. Звёзды, квазары и другие яркие источники отсутствуют.	13,55 млрд.
150 млн — 1 млрд лет	Реионизация	Образуются первые звёзды образуются первые звёзды, квазары образуются первые звёзды, квазары, галактики , скопления и сверхскопления галактик. Реионизация водорода (расщепление на протоны и электроны) светом звёзд и квазаров.	12,7 млрд.
1 млрд лет — 8,9 млрд лет	Эра вещества	Образование межзвёздного облака , давшего начало Солнечной системе	4,8 млрд.
8,9 млрд лет — 9,1 млрд лет	Эра вещества	Образование Земли и других планет нашей Солнечной системы, затверждение пород	4,6 млрд.

Теоретическая судьба Вселенной

- Зависит от процесса расширения Вселенной
- Ход расширения в общем случае зависит
 - от значений космологической постоянной Λ ,
 - кривизны пространства k
 - уравнения состояния $P(\rho)$

